

FNIRSI

LCR-ST2

МАЙСТОРСКИ КЛАС

Пълно ръководство за прецизни измервания с LCR-ST2

„Там, където цифрите срещат истината.“



LZ3AI

София, 2026

Съдържание

ЗА ТАЗИ КНИГА: МНОГО ПОВЕЧЕ ОТ ИНСТРУКЦИЯ	5
УВОД	5
Конвенции	5
Важна забележка относно фърмуера	5
LZ3AI съветва: за смяна на фърмуера	6
Практика – проверка и инсталация на нов фърмуер	6
ГЛАВА 1: Запознаване и предпочитана конфигурация	7
1.1. Запознаване с органите за управление	7
1.1.1. Бутони и портове	7
1.2. Разчитане на дисплея	8
1.2.1. Базов и разширен екран	8
1.2.2. Основни параметри	9
1.2.3. Вторични параметри	9
1.2.4. Защо е важно да гледаме основните и вторичните параметри едновременно?	10
1.2.5. Разчитане на статус линията (условия за измерването)	10
1.2.6. Как се влиза в режим на промяна на условията?	10
1.3. Задаване на предпочитана конфигурация	11
1.4. Фърмуер	11
1.5. Смяна на крайниците	11
1.6. LZ3AI съветва: за работата с дисплея	11
1.7. Практика: за настройка на предпочитани параметри	12
ГЛАВА 2: Основи на точността и калибриране на уреда	12
2.1. 4-проводна схема на Келвин	12
2.2. Калибриране и работа с еталонната платка	13
2.2.1. Интерфейс на калибрирането:	13
2.2.2. Процедурата на калибриране стъпка по стъпка:	13
2.2.3. Специални режими на калибриране:	13
2.3. LZ3AI съветва: за калибрирането	14
2.4. Практика: за калибрирането	14
ГЛАВА 3: Техники за измерване директно на платката (In-Circuit)	14

3.1.	Пределно ниско напрежение.....	15
3.2.	Локализиране на късо съединение (mΩ резолюция)	15
3.3.	Избор на тестова честота.....	15
3.4.	Кога режимът AUTO греша? (Ръчен контрол)	15
3.5.	LZ3AI съветва: за измерване директно на платката	16
3.6.	Практика: за измерване директно на платката	16
ГЛАВА 4: Индуктивност и качество на компонентите (Q-фактор).....		16
4.1.	Измерване на бобини (L) и фазов ъгъл	16
4.1.1.	Правило за честотата:.....	16
4.1.2.	Бърза оценка.....	16
4.2.	Как да следим качествения фактор (Q)	17
4.2.1.	Извикване на Q на основния екран (бърз метод).....	17
4.2.2.	Режим SCAN: пълна честотна картина	17
4.3.	Разчитане на „инженерния“ дисплей (двоен еквивалентен режим).....	18
4.4.	LZ3AI съветва: за проследяване „здравето“ на компонентите.....	18
4.5.	Практика: за качеството на компонентите	18
ГЛАВА 5: Измерване и диагностика на напрежение, батерии, кондензатори и диоди.....		18
5.1.	Кондензатори и златното правило на ESR.....	19
5.2.	Работа като „Интелигентен мултицет“	19
5.3.	Сортиране.....	19
5.4.	LZ3AI съветва: за измерване на компоненти	20
5.5.	Практика: за измерване на компоненти.....	20
ГЛАВА 6: Експертна диагностика на повреди		21
6.1.	Локализиране на къси съединения – милиомна техника	21
6.2.	Откриване на повреди и сравнителен анализ (Signature Analysis) 21	
6.3.	Проверка на различни електронни компоненти директно на платката	22
6.4.	Честотно сканиране (Sweep Mode) за скрити дефекти.....	22
6.5.	LZ3AI съветва: за измерването с честотното сканиране	22
6.6.	Практика: за измерването с честотното сканиране.....	23

ГЛАВА 7: Масово тестване и автоматизация	23
7.1. Сортиране (Sorting Mode)	23
7.2. Работа „на сляпо“ в тесни пространства	23
7.3. Поддръжка и грижа за уреда	24
7.4. LZ3AI съветва: за сортирането и поддръжка на уреда	24
7.5. Практика: за сортирането и поддръжката на уреда	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25
Често задавани въпроси (FAQ)	26
Приложения	27
Приложение 1: Таблица за допустим ESR (Rs) на електролитни кондензатори	27
Приложение 2: Оперативни чек-листи	28
Приложение 3: Функционално меню	29
Речник на използваните термини и съкращения	33
Използвани източници и литература	34
Лични бележки:	35

ЗА ТАЗИ КНИГА: МНОГО ПОВЕЧЕ ОТ ИНСТРУКЦИЯ

Тази книга не е просто превод на официалното ръководство. Тя е плод на стотици часове измервания върху реални радиолюбителски конструкции. Целта е една: да превърнем FNIRSI LCR-ST2 от „умна пинсета“ в мощен диагностичен център на вашето работно място. Тук ще намерите не само „кои бутони да натиснете“, но и „защо стойностите изглеждат така“ и „как схемата ви лъже“, когато мерите директно върху печатната платка.

УВОД

С навлизането на SMD компонентите, стандартните мултицети станаха неудобни, а понякога и опасни за фините писти. LCR-ST2 решава този проблем, обединявайки 4-проводно измерване (метод на Келвин) в компактен корпус.

Конвенции

В текста ще срещате следните означения:

- <POWER задържане> – бутон включване/изключване и действие;
 - <SELECT клик> – трипозиционен бутон за избор и действие;
 - <MENU клик> – бутон за меню и действие;
 - <SETTING> – опция от функционалното меню.
-

Важна забележка относно фърмуера

Всички описания, процедури и илюстрации в това ръководство са базирани на конкретна версия на софтуера (по-точно фърмуера) на **FNIRSI LCR-ST2 v1.5.1**, актуална към момента на писане (на снимката се вижда настоящата).



Производителят периодично издава актуализации, за да добавя нови функции или да оптимизира текущите. Възможно е да забележите известни разлики в имената на менюта или поведението на някои бутони при по-нови версии на фърмуера. Последните нови версии донесоха значителни подобрения в стабилността на измерване при високи честоти (**100 kHz**), коригираха алгоритъма за автоматично разпознаване на малки индуктивности, по-добра температурна компенсация и оптимизация на режима на сканиране. Ако Вашият уред е с фърмуер **V1.5.1**, Вие вече имате много по-стабилни показания при ниски капацитети в сравнение с първите партии.

Внимание: Описаните менюта и функции са актуални за версия на фърмуера към **април 2026 г.** При бъдещи актуализации **FNIRSI** може да промени имената или местоположението на някои настройки.

Ако откриете разминаване, първо погледнете секцията с версиите във функционалното меню, за да проверите актуалността на вашия фърмуер:

<**POWER** задържане> <**SELECT** надясно><**SETTINGS**> < **SELECT** клик> < **SELECT** надясно><**ABOUT**>< **SELECT** клик> <**LCR-ST2 V.1.5.1**> (или по-нова)

Този „Майсторски клас“ е жив организъм и отразява реалния опит с наличното оборудване, но винаги имайте предвид динамичния характер на софтуерното развитие на FNIRSI.

LZ3AI съветва: за смяна на фърмуера

Не започвайте работа с уреда, ако скоро не сте проверявали коя е последната версия на фърмуера. Ако е необходимо, ъпдейтайте го.

Важно! Всички промени и настройки по трансивъра правите на своя отговорност, без значение дали сте прочели или не този дисклеймър (отказ от отговорност). Авторът не носи отговорност за щети, причинени от неправилни действия и препоръчва винаги да се консултирате с официалното ръководство на FNIRSI преди извършване на системни промени. Авторът не носи отговорност за действия, свързани с текстовете от тази книга. Всякакви искове за покриване на разходи и/или щети, възникнали по време на подобни действия са нищожни.

Практика – проверка и инсталация на нов фърмуер

1. Влезте във функционалното меню: <**MENU** задържане> <**SELECT** наляво/надясно> <**SETTINGS**>< **SELECT** клик>< **SELECT** надясно><**ABOUT**>< **SELECT** клик>

2. Ако версията е под **V1.5.1** (или актуалната към момента), свържете уреда към компютър в режим USB Update: <**SELECT** задържане> заедно с <**POWER** задържане> <**USB** кабел към компютър> отваря се прозорец с ново устройство (папка).
3. Копирайте .bin файла в появилото се устройство. Уредът ще се рестартира сам.


ГЛАВА 1: Запознаване и предпочитана конфигурация

1.1. Запознаване с органите за управление

FNIRSI LCR-ST2 е проектиран за работа приоритетно с една ръка и минимално количество органи за управление, което изисква свикване с комбинираните функции на бутоните.

1.1.1. Бутони и портове

Бутоните и портовете са с по няколко функции:

- <**POWER**> **Power Button**:
 - <**POWER** задържане> Продължително натискане - включване/изключване (ON/OFF).
 - <**POWER** клик> Кратко натискане – алтернативно запомняне (Hold) или освобождаване на последното измерване.
- <**SELECT**> **Трипозиционен бутон за навигация и избор (джойстик)**:
 - <**SELECT** наляво> Позволява бързо превключване наляво между опциите на менюто и/или между основните режими (Auto, R, C, L, D) без влизане в менюто;
 - <**SELECT** надясно> Позволява бързо превключване надясно между опциите на менюто и/или между основните режими (Auto, R, C, L, D) без влизане в менюто;
 - <**SELECT** клик> Избор;
 - <**SELECT** наляво задържане> Превключване на вторичните параметри долу вляво;
 - <**SELECT** надясно задържане> Превключване на вторичните параметри долу вдясно;
 - <**SELECT** задържане> подготвя включване в режим пренос на данни.
- <**MENU**> **Menu Button**  :
 - <**MENU** клик> Превключва различен формат на екрана – базов или разширен.
 - <**MENU** задържане> Включва функционалното меню.
- **Type-C порт**:
 - <**USB** зарядно или порт>Зареждане;
 - <**SELECT** задържане>, последвано от <**POWER** задържане> <**USB** кабел към компютър>Пренос на данни и обновяване на системния софтуер

1.2. Разчитане на дисплея

1.2.1. Базов и разширен екран

Дисплеят изобразява основния измерван параметър и вторичните параметри.

Може да се превключва на базов екран и разширен екран (или т.нар. двоен еквивалентен режим).

- Базовият екран показва с големи цифри основният измерван параметър, над него с малки цифри има ред за статуса (условията на измерване), а под него има ред с две показания – вляво долу се измерва R (активно съпротивление), C (капацитет), L (индуктивност) и Z (импеданс), вдясно θ (фазово изместване), X (реактивно съпротивление), D (загуби) и Q (качествен фактор).



- Разширеният екран (двоен еквивалентен режим) показва по същия начин горе реда със статуса и долу вторичните параметри, но на мястото на основния параметър (големите цифри) се виждат два реда с малки цифри: единият ред показва еквивалентно последователно свързване, другият – еквивалентно паралелно свързване – левите цифри са активното съпротивление (R_s , R_p), а десните капацитета (C_s , C_p) или индуктивността (L_s , L_p).



Екранът е малък, но информативно наситен. Уредът има жирокоп. Ако работите под необичаен ъгъл в гъсто населена платка, дисплеят ще се завърти сам, за да го виждате правилно. Важно е да се разпознават:

- **Основен параметър (Main):** големите цифри (например капацитета в микрофаради).
- **Вторичен параметър (Secondary):** малките цифри (напр. D - загубите или θ – фазовия ъгъл).

- **Тестови условия:** Честота и ниво (Level) – винаги трябва да са пред очите ви, защото те определят верността на измерването.
- **Индикатор за батерията и замразяване на екрана:** икона за заряда на батерията и за замразяване (запомняне) на екрана.

1.2.2. Основни параметри

Това са **големите цифри** в центъра на екрана. Те показват физическата величина, която сте избрали или която режимът **AUTO** е идентифицирал.

- **Пример:** Ако мерите кондензатор, основният параметър ще бъде неговият капацитет (напр. **100.0 μF**).
- **За какво ни служи:** Дава ни номиналната стойност на елемента – това, което обикновено пише по някакъв на корпуса му.

1.2.3. Вторични параметри

Това са **малките цифри**, разположени под или до основния параметър. Те са „тайната сила“ на уреда. Те измерват паразитни или качествени характеристики на компонента. В лявата долна част се измерва **R** (активно съпротивление), **C** (капацитет), **L** (индуктивност) и **Z** (импеданс), вдясно се измерва **θ** (фазово изместване), **X** (реактивно съпротивление), **D** (загуби) и **Q** (качествен фактор).

Една от най-мощните, но скрити функции на трипозиционния бутон **<SELECT>** е възможността за ръчен избор на вторичните параметри в реално време:

- **<SELECT наляво задържане>:** Променя левия вторичен параметър. Можете да превключвате между **R, C, L и Z**, независимо от основния режим.
- **<SELECT надясно задържане>:** Променя десния вторичен параметър. Можете да избирате между **θ, X, D и Q** .

Това означава, че ако мерите бобина (**L**), можете ръчно да извикате **Q** (качествен фактор) директно на основния екран.

Вторичните параметри дават пълната характеристика на елемента. Например **θ** е фазовото отместване (фазовият ъгъл) между напрежението и тока.

- При **чист резистор** той е близо до **0°** .
- При **идеален кондензатор** той е **-90°** .
- При **идеална бобина** той е **$+90^\circ$** . Ако мерите бобина и видите ъгъл от **45°** , това веднага ви подсказва, че тя има големи загуби (голямо активно съпротивление) или дефектна сърцевина.

1.2.4. Защо е важно да гледаме основните и вторичните параметри едновременно?

Опитът показва, че основният параметър казва какво количество е измерваното „нещо“, а вторичният – колко е здраво. Един кондензатор може да показва идеален капацитет (да речем, **100 μ F**), но ако вторичният параметър **θ** е около **0** и **D** е висок, този кондензатор е повреден и ще причини шум или рестартиране в схемата.

1.2.5. Разчитане на статус линията (условия за измерването)

В горната част на „екранната снимка“ винаги виждате настройките, при които се извършва измерването, по подразбиране при първоначално включване е **<AUTO | 1K | 0,6V>** – което означава :

- **Режим на измерване: AUTO** - автоматичен
- **Честота (Frequency): 1K**. Ако не я следите, резултатът може да бъде подвеждащ (особено при бобини).
- **Ниво (Level): 0.6V**. Това е напрежението, което се използва за измерването. Важно е да знаете, че мерите в „безопасен“ режим за платката.

1.2.6. Как се влиза в режим на промяна на условията?

В случай, че включването не е за първи път, уредът помни последните условия за измерване.

Ето пример за промени в условията при измерване на **<LCR>**:

- **<POWER задържане>** включва уреда;
- **<SELECT клик>** включва измерване **<LCR>**;
- **<MENU клик>** включва подробен екран;
- **<SELECT клик>** избира в статуса параметър за промяна;
- **<SELECT избор>** променя параметъра до желана стойност;
- **<SELECT клик>** потвърждава избора и се минава на следващ;
- **<MENU клик>** връща основния екран.



1.3. Задаване на предпочитана конфигурация

Системни настройки: Настройте ги според предпочитанията си и за удобството при работа. Настройват се веднъж и рядко се променят, но всеки сам определя какви да бъдат. Това са само първоначални предложения.

- **Auto-Power Off:** автоматично изключване - настройте го на 10 или 15 минути, за да пестите батерия по време на дълги ремонти. Регулира се от <MENU задържане> <SETTINGS> < AUTO-POWER OFF>
- **Brightness:** яркост – висока яркост е важна при работа под силно осветление на работната маса. Регулира се от <MENU задържане> <SETTINGS> <BRIGHTNESS> през 10%. Настройте я на 70%.
- **Sound:** звук. Регулира се от <MENU задържане> <SETTINGS><VOLUME> през 10%. Настройте го на 70%. В текущия фърмуер **v1.5.1** озвучава следните функции:
 - **Потвърждение при натискане:** звуков сигнал при работа с бутоните.
 - **При сортиране:** уредът издава звук, когато компонентът е **PASS** (в нормите) или **NG** (дефектен). Това е единственият режим, в който звукът служи за диагностика без гледане на екрана.
 - **Липса на звукова индикация за верига:** тъй като уредът е специализиран LCR метър, той измерва постоянно импеданса. Ако искате да го ползвате за търсене на късо, трябва да следите **стойностите на R (съпротивлението)** на дисплея. Той няма да "изписка" при **0 Ω**, както прави един мултицет.

1.4. Фърмуер

Тази книга е базирана на фърмуер V1.5.1. При по-стари или по-нови версии е възможно подредбата на менютата да е различна, а някои функции да имат подобрена точност или различен интерфейс.

Винаги проверявайте текущата си версия в менюто <MENU задържане> <SELECT наляво/надясно> <SETTINGS>< SELECT клик>< SELECT вдясно><ABOUT> .

1.5. Смяна на крайниците

- **Златни пинсети:** За SMD и други детайли и печатни пътечки.
- **Келвин кабели:** Когато компонентът е обемист или искате да мерите извън платката с максимална прецизност.

1.6. LZ3AI съветва: за работата с дисплея

- Във фърмуер **V1.5.1**, изобразяването на вторичните параметри е подобро. В началото е „плашещо“, но с времето ще ви бъде по-удобно и полезно да виждате разширения дисплей. Ако екранът ви показва само една голяма цифра, с <MENU клик> активирайте показването на вторичните параметри. В радиолюбителската практика често те са тези, които решават проблемите, например за кондензаторите **Q** и **ESR/Rs** са по-важни от микрофарадите.

- В режим **AUTO**, ако уредът се колебае между **R** и **L** за някоя бобина с много тънка жица, погледнете точно θ . Ако ъгълът е над **+10-15°**, компонентът определено има индуктивен характер, дори активното му съпротивление да е високо.
- При всяка смяна на накрайниците задължително калибрирайте уреда отново, ако се нуждаете от точни показания.
- Винаги проверявайте дали върховете са чисти. Окисите по метала могат да добавят стотици милиоми грешка при нискоомни резистори.
- За икономия на батерията може да зададете яркостта и силата на звука на **70%** и по-малко, ако са ви достатъчни за конкретната осветеност.
- **HOLD** е удобна функция, например когато мерите на труднодостъпни места и не можете да гледате екрана едновременно с върховете на уреда.
- Ако ви дразни смяната на посоката на екрана от жироскопа, изключете тази функция от **<SETTINGS>**.

1.7. Практика: за настройка на предпочитани параметри

1. Включете уреда и влезте в **<SETTING>**.
2. Разгледайте всички възможности за настройка.
3. Настройте автоматичното изключване на 15 минути.
4. Завъртете уреда в ръката си и вижте как жироскопът реагира – свикнете с това, за да не се дезориентирате при измерване на вертикално монтирани платки.

ГЛАВА 2: Основи на точността и калибриране на уреда

2.1. 4-проводна схема на Келвин

Защо **LCR-ST2** е по-точен от стандартен мултицет с кабели? При обикновените измервания, съпротивлението на самите кабели и контактното съпротивление на сондите се добавят към резултата. При милиомни стойности това води до огромна грешка. **LCR-ST2** използва **4-проводна схема**. Към всеки връх на пинсетата отиват по два независими проводника:

- **Drive (Force)**: единия проводник подава измервателния сигнал (ток).
- **Sense**: през другия проводник се измерва пада на напрежение директно върху изводите на компонента. По този начин уредът математически игнорира съпротивлението на рамената и контактите, осигурявайки прецизност, характерна за лабораторните стационарни уреди.

2.2. Калибриране и работа с еталонната платка

Фърмуерът V1.5.1 превръща **LCR-ST2** в прецизен инструмент чрез „обучение“ (калибровка) върху 9 еталонни точки. Използването на оригиналната калибровъчна платка с деветте резистора (0 Ω до 10 M Ω) е критично за линеаризацията на уреда и по-точно апроксимиране при измерване.

2.2.1. Интерфейс на калибрирането:

- **Централна част:** Показва целевата номинална стойност.
- **Долу вляво:** Текущо измерено число (виждате в реално време как уредът се приближава до истината).
- **Долу вдясно (Status):** Вашето командно и статус табло.
- **Навигация:** С <SELECT наляво/надясно> избирате резистора, а с <SELECT клик> стартирате процеса.

2.2.2. Процедурата на калибриране стъпка по стъпка:

- **Подготовка:** Почистете върховете на пинсетата, без да търкате със шкурка, пила или други абразиви – крайниците са позлатени. Изберете резистора от менюто и поставете крайниците в съответните отвори на платката.
- **Инициализация:** Статусът показва **State: Be ready**. Уверете се, че контактът е стабилен и не мърдате.
- **Процес:** След <SELECT клик>, статусът става **State: Start XX%**. Процесът отнема около минута за всяка точка и не протича линейно – възможно е процентите да се „забавят“ в определени моменти, докато DSP процесорът обработва данните, а в други да се „забързат“.
 1. **Завършване:** Когато видите **State: Success**, преминавате към следващата стойност.
 2. **Гъвкавост:** Уредът позволява „разбъркано“ калибриране. Ако подозирате лош контакт при някоя стойност, можете да се върнете и да я повторите.

2.2.3. Специални режими на калибриране:

- **OC (Open Circuit):** Извършва се при напълно разтворени пинсети, без контакт.
- **SC (Short Circuit):** Извършва се най-качествено с резистора 0 Ω от калибровъчната платка с еталонни стойности, въпреки, че може да стане и с директно „късо“ с крайниците на уреда.
- **Voltage Calibration (10V):** Ако разполагате с лабораторен източник на напрежение, калибриран на точно **10.000V**, можете да калибрирате волтметъра на уреда за максимална точност при измерване на батерии и захранвания.

2.3. LZ3AI съветва: за калибрирането

- **Никога не пренебрегвайте калибрирането:** то премахва паразитните параметри на самата пинсета.
- **Пазете платката чиста:** мазнината от пръстите върху резисторите от 1 Ω и 10 M Ω може да промени стойността им заради паралелното съпротивление на кожата. Дръжте платката за краищата.
- **Сила на притискане:** когато калибрирате на точката 0 Ω (Short), притиснете върховете със същата сила, с която мерите компонентите. Различното налягане променя контактното съпротивление. Ако е възможно, фиксирайте пинсетата или платката на масата. Дори леко трепване на ръката променя условията и съпротивлението. Лошото калибриране на 0 ома ще внесе системна грешка във всичките ви следващи измервания.
- **Температура:** еталонните резистори на платката имат свой температурен коефициент. Калибрирайте в помещението, в което ще работите, след като уредът и платката са престояли там поне 15 минути.
- **Търпението е точност:** една минута на резистор изглежда много, но това е времето, в което уредът „изчиства“ всички паразитни шумове. Не прекъсвайте процеса!

2.4. Практика: за калибрирането

1. Изпълнете пълния цикъл на калибриране. Може да пропуснете калибрирането на напрежение, в случай че нямате наличен прецизен източник на **10 V**. Следвайки подканите на екрана долу вдясно. Използвайте трипозиционния бутон за смяна на стойностите и избор, както и за започване на конкретното калибриране.
2. Започнете с **SC (0 Ω)** и продължете с другите 8 резистора на калибровъчната платка.
3. Прескочете **10 V**, ако нямате прецизен източник на напрежение.
4. Последно направете калибриране на отворен контакт (**OC**).
5. След края на процедурата, измерете някой от резисторите на самата платка (например **100 k Ω** в нормален режим на измерване. Ако уредът показва отклонение под **0.5%**, калибрирането е успешно.

ГЛАВА 3: Техники за измерване директно на платката (In-Circuit)

Всеки, който се е занимавал с ремонт на електронни устройства, знае колко време спестява възможността за измерване на самата платка, без разпояване. Това е най-трудният сценарий, тъй като останалите компоненти в схемата влияят на показанията. Когато пред вас има „мъртво“ устройство, **FNIRSI LCR-ST2** може да съкрати времето за диагностика наполовина, ако знаете как да го използвате като „скенер“ за вериги.

3.1. Пределно ниско напрежение

- **Магията на 0.1 V:** Как да измерваме резистори и кондензатори, без да активираме съседни полупроводници (диоди/транзистори). Настройте тестовото напрежение на **0.1V**. Това е под прага на отваряне на повечето PN-преходи (диоди и транзистори), което позволява измерване на резистори и кондензатори, без те да бъдат "шунтирани" от полупроводници в близост.

3.2. Локализиране на късо съединение (mΩ резолюция)

Въпреки че **LCR-ST2** няма класическо звуково „прозвъняване“, неговата сила е в милионната резолюция.

- **Метод на „падението“:** Ако имате късо съединение на захранваща линия (VCC към GND), мултицетът ще писука навсякъде по пистата. С **LCR-ST2** в режим **R**, движете се по пистата: ако уредът показва **150 mΩ** в единия край и **20 mΩ** в другия, вие физически се приближавате към дефектния компонент. Най-ниската стойност в милиоми показва точното място на пробива.

3.3. Избор на тестова честота

Честотата определя как уредът „вижда“ компонента през „шума“ на останалите елементи:

- **100Hz / 120Hz:** Използвайте за филтриращи електролити. Ниската честота е необходима за правилно изчисляване на големи капацитети.
- **1kHz:** Универсална честота за проверка на пасивни компоненти.
- **10kHz - 100kHz:** Критични за SMD керамика и ESR. Високата честота позволява да пренебрегнете паралелни съпротивления с висока стойност, тъй като реактивното съпротивление на кондензатора става много ниско.
- **Sweep Mode (сканиране):** Ако „графиката“ на импеданса не е гладка, а има „пикове“, това е сигурен знак за паразитно влияние от бобина или друг реактивен компонент в съседство.

3.4. Кога режимът AUTO греша? (Ръчен контрол)

Режимът **AUTO** е умен, но на платката той лесно се мами и може да греша.

- **Пример:** Ако мерите малък кондензатор, паралелно на който има резистор с ниска стойност (напр. в товарна верига), автоматиката ще се обърка и ще покаже само **R**.
- **Решение:** Превключете ръчно в режим **C**. Чрез избор на висока честота (**100 kHz**) и ръчно задаване на режим **C**, вие принуждавате уреда да филтрира активната съставка (резистора) и да се опита да извлече капацитета.

3.5. LZ3AI съветва: за измерване директно на платката

- **Разредете кондензаторите!** Това е златно правило. **LCR-ST2** е чувствителен инструмент. Остатъчен заряд над няколко волта може да повреди входните защиты, въпреки че са подобрени във **V1.5.1**.
- **Правилото за „по-ниската стойност“:** На платката винаги очаквайте да измерите **по-ниско** съпротивление от номинала (поради паралелни пътища). Ако измерите **по-високо** съпротивление – **резисторът** със сигурност е дефектен (прекъснал или „избягал“ нагоре). Схемата не може да увеличи стойността на резистора, може само да я намали.
- **Полярност при диоди:** В режим **D (Diode)**, ако мерите на платка, винаги разменяйте сондите. Ако и в двете посоки виждате много ниско съпротивление, вероятно не диодът е дефектен, а имате паралелен нискоомен резистор или бобина.

3.6. Практика: за измерване директно на платката

1. Намерете стара платка с диод и паралелен на него резистор (често се среща към базата на транзистори).
2. Измерете резистора при **Level 0.6 V** – вижте как стойността е грешна, защото диодът се отваря.
3. Променете на **Level 0.1 V** – наблюдавайте как стойността на резистора се стабилизира до реалната му стойност.
4. Променете честотата от **1 kHz** на **100 kHz** върху някой малък кондензатор и вижте как вторичният параметър **ESR/Rs** става много по-точен.

ГЛАВА 4: Индуктивност и качество на компонентите (Q-фактор)

4.1. Измерване на бобини (L) и фазов ъгъл

Индуктивността е силно зависима от работната честота. За разлика от резистора, бобината променя своето индуктивно съпротивление според формулата $X_L = 2\pi fL$.

4.1.1. Правило за честотата:

- **За големи индуктивности с феритни сърцевини (mH):** Използвайте **100 Hz** или **1 kHz**.
- **За малки въздушни бобини (µH):** Задължително преминете на **100 kHz**. На ниска честота тяхното съпротивление е толкова малко, че уредът може да ги помисли за обикновен проводник (късо съединение).

4.1.2. Бърза оценка

При **FNIRSI LCR-ST2** основният метод за бърза оценка на бобината е чрез основния екран.

- **Вторични параметри:** В режим **L**, уредът показва **C** (паразитен капацитет) и θ (фазов ъгъл).
- **θ (Тита) – вашият бърз тест:** Тъй като идеалната бобина има фазово изместване от $+90^\circ$, колкото по-близо е показанието до тази стойност, толкова по-чиста е индуктивността. Ако ъгълът падне под $+45^\circ$, компонентът има огромни загуби (активно съпротивление) или дефект.

4.2. Как да следим качествения фактор (Q)

Качественият фактор (**Q**) е отношението между индуктивното и активното съпротивление на бобината. Той е най-добрият индикатор за „здравето“ на компонента:

- **Високо Q:** Означава „чиста“ индуктивност с малки загуби.
- **Ниско Q:** Сигнализира за проблем (междунавивково късо, лошо ядро или неподходяща за честотата сърцевина).

4.2.1. Извикване на Q на основния екран (бърз метод)

Във **V1.5.1** вече не е нужно да влизате в специални режими, за да видите **Q**.

- Докато мерите в режим **L**, просто **задръжте <SELECT>** надясно.
- Стойността в долния десен ъгъл на екрана ще се промени от фазов ъгъл θ на **Q**. Така имате постоянен контрол върху качеството в реално време.

4.2.2. Режим SCAN: пълна честотна картина

Макар че **Q** вече е на основния екран, режимът **SCAN** остава „лабораторията“ на пинсетата за дълбок анализ.

Freq	Cs	Cp	D
100Hz	964.0uF	955.6uF	0.094
120Hz	945.1uF	938.9uF	0.081
1K	1.1mF	1.1mF	0.204
10K	3.5mF	133.3uF	5.003
100K	91.41uF	30.90uF	1.405

1. Влезте в режим **SCAN**.
 2. Тук уредът прави поредица от измервания на различни честоти (100 Hz до 100 kHz).
 3. **Таблицата с резултати:** В третата колона (след Freq и Ls/Lp) ще откриете стойността на **Q** за всяка честотна точка.
- **Защо е полезно?** Индуктивността е динамична величина. Режимът **SCAN** ви позволява да видите точно при коя честота вашата бобина достига своя максимум на полезно действие (най-високо **Q**) и къде започва да губи свойствата си.

4.3. Разчитане на „инженерния“ дисплей (двоен еквивалентен режим)

Когато натиснете <MENU клик> по време на стандартно измерване, се появява екранът с математическите модели – двоен еквивалентен режим или най-простиичко – разширен дисплей:

- **Символът [+]** (**Series**): показва последователната схема на заместване (**$R_s + L_s$** , **$R_s + C_s$**). Следете го при нискоомни бобини (захранващи дросели) и електролитни кондензатори.
- **Символът [||]** (**Parallel**): показва паралелната схема (**$R_p + L_p$** , **$R_p + C_p$**). Следете го при високочестотни бобини с много навивки, където паразитният капацитет е фактор.

4.4. LZAI съветва: за проследяване „здравето“ на компонентите

- **Индикаторът за „здраве“**: Ако бързате, не влизайте в **SCAN**. Просто гледайте θ на главния екран. Ако мерите бобина и θ е отрицателно число (например -70°), това означава, че бобината е влязла в собствен резонанс и се държи като кондензатор на тази честота. Намалете честотата на измерване!
- **Q-фактор в SCAN**: Използвайте **SCAN** режима, когато подбирате бобини за трептящи кръгове. Търсете честотата, при която **Q** е най-високо – това е оптималната работна точка на вашия компонент.
- **Не пренебрегвайте Q-фактора**. Следете този параметър. Ниско **Q** при бобина често означава "опечени" навивки или микро-късо.
- Ако измервате индуктивност и тя постоянно се разпознава като резистор в режим **AUTO**, преминете на **ръчен режим L** и вдигнете честотата на **10 kHz** или **100 kHz**. По-малките индуктивности се мерят по-точно на високи честоти.

4.5. Практика: за качеството на компонентите

1. Свържете малък дросел и влезте в **SCAN** режима.
2. Разгледайте третата колона в таблицата. Наблюдавайте как **Q** се променя при **100 Hz**, **1 kHz** и **100 kHz**.
3. Върнете се на главния екран и вижте как съответства θ на тези промени. Ще забележите, че най-високото **Q** в **SCAN** съответства на най-големия ъгъл θ (най-близо до 90°).

ГЛАВА 5: Измерване и диагностика на напрежение, батерии, кондензатори и диоди

Тази глава разглежда практическите методи за проверка на компонентите, които най-често са причина за отказ на техниката.

5.1. Кондензатори и златното правило на ESR

Електролитните кондензатори са „слабото място“ на електрониката. Те често губят свойствата си (изсъхват), без това да е видимо външно.

- **ESR тестът (Rs):** Това е еквивалентното последователно съпротивление. За здравето на един кондензатор **ESR/Rs** е много по-важен параметър от капацитета.
- В менюто на **LCR-ST2** параметърът **ESR** е означен като **Rs (Resistance Series)**. Когато в сервизните описания срещнете изискване за "нисък **ESR**", гледайте показанието **Rs** на вашия уред при честота **100 kHz**.
- **Измерване на платка (In-circuit):** **LCR-ST2** позволява измерване при **0.1 V**, което гарантира, че няма да активирате полупроводниците в схемата.
- **Паралелни пътища:** Ако мерите филтриращ кондензатор в захранваща линия, уредът ще покаже общия капацитет на всички кондензатори в този възел. **ESR/Rs** обаче ще ви ориентира за общото състояние на филтъра.

5.2. Работа като „Интелигентен мултицет“

Една от най-силните страни на **LCR-ST2** е, че може да мери напрежение и диоди, без да сменяте уреда.

- **Напрежение (VDC):** Уредът мери до **±30V**. Той автоматично разпознава полярността. Изключително полезно за проверка на захранващи шини и батерии.



- **Тест на диоди:** Уредът показва спада на напрежение върху PN-прехода (**Vf**):
 - **Силициев диод: 0.5 V – 0.7 V.**
 - **Шотки диод: 0.1 V – 0.4 V.**
 - **LED (Светодиод): 1.8 V – 3.0 V.** (Уредът може да не успее да захрани някои мощни бели или сини светодиоди поради лимит на напрежението).

5.3. Сортиране

Този режим е идеален за подбор на компоненти с еднакви параметри (например двойки транзистори или прецизни резистори).



- Задавате номинална стойност и толеранс (напр. 1 %).
- Уредът сигнализира визуално и звуково: светва в зелено (PASS) и издава единичен звук, ако компонентът е в нормата, и в червено (NG) и издава двоен звук, ако е извън нея.



5.4. LZ3AI съветва: за измерване на компоненти

- **Разреждане:** Винаги разреждайте кондензаторите преди измерване! Въпреки защитите, остатъчен висок заряд може да повреди входните вериги или да ви създаде неприятни усещания.
- **Критерий за дефект:** Ако ESR/RS е над 2 Ω за кондензатор над 100 μF, той е „пътник“ (дефектен).
- **Безопасност:** Никога не използвайте режим L, C или R за измерване на вътрешно съпротивление на батерии! Въпреки че LCR-ST2 има защити, измерването на напрежение в режим "Капацитет" е рисковано за входния АЦП (аналогово-цифров преобразувател). Това ще повреди вашия LCR-ST2. Уредът може да мери безопасно само DC напрежението на батериите. За правилно измерване на вътрешно съпротивление, моля прочетете специализираните статии за професионалните уреди за тест на батерии тук: <https://www.galanto.com/вътрешно-съпротивление-на-автомобил/> и тук: <https://www.galanto.com/дали-акумулаторът-е-отличен-добър-или/>.

5.5. Практика: за измерване на компоненти

1. Намерете платка от старо импулсно захранване. Премерете филтриращите кондензатори на 100 kHz. Сравнете измереното Rs (ESR) с таблицата в Приложение 1.
2. Превключете в режим Voltage и проверете напрежението на една батерия 1.5 V. Обърнете сондите, за да видите как уредът сменя знака на екрана.

3. Влезте в режим **Diode** и тествайте един светодиода. Наблюдавайте стойността на спада в права посока (**Vf**).

ГЛАВА 6: Експертна диагностика на повреди

В тази глава ще разгледаме как да превърнете **LCR-ST2** в мощен инструмент за откриване на трудни за диагностициране дефекти, използвайки неговата висока чувствителност.

6.1. Локализиране на къси съединения – милиомна техника

Когато имате пробил компонент (кондензатор или транзистор) на захранваща шина, стандартният мултицет „звъни“ по цялата дължина на пистата. **LCR-ST2** обаче ви позволява да видите разликите в милиоми ($m\Omega$).

- **Техниката:** Движете пинсетата по пистата. Дори 2-3 сантиметра медна писта имат собствено съпротивление.
- **Принцип:** Колкото по-близо сте до физическото място на „късото“, толкова по-ниска ще е стойността на екрана.
 - Точка А: **0.08 Ω**
 - Точка Б: **0.02 Ω** -> **Дефектът е тук!**
- **Защо е точно?** Благодарение на **4-проводната схема (Келвин)**, уредът игнорира съпротивлението на собствените си рамена и мери само това, което е между върховете.
- **Локализиране на късо съединение:** Милиомна техника за откриване на пробил компонент по захранваща линия - движете пинсетата по пистата. Точката с най-ниско съпротивление е мястото на дефектния компонент.
- Дори платката да „звъни“ на късо навсякъде по дадена шина, съпротивлението не е еднакво. Използвайте високата резолюция на **LCR-ST2**.
 - Мерите на различни точки по пистата. Там, където стойността е **най-ниска** (напр. **0.02 Ω** срещу **0.08 Ω** на другия край), е физическото местоположение на дефектния компонент.
 - Тук 4-проводното измерване на пинсетата е безценно, защото игнорира съпротивлението на самите сонди.

6.2. Откриване на повреди и сравнителен анализ (Signature Analysis)

Това е най-бързият метод за ремонт, когато разполагате с две еднакви платки (здрава и дефектна). Не е нужно да знаете как работи схемата – трябва само да откриете разликите.

- **Режим Z (Импеданс):** Превключете уреда в режим **Z** и изберете честота **10 kHz**. Импедансът дава пълната картина (комбинация от съпротивление, капацитет и индуктивност) в дадена точка.
- **Методът:** Докосвайте последователно едни и същи възли на двете платки спрямо „маса“ (GND).
 - Ако на здравата платка виждате **Z = 150 Ω**, а на дефектната **Z = 1.2 kΩ**, значи сте открили „болното място“.

6.3. Проверка на различни електронни компоненти директно на платката

Това е изкуството да „изолирате“ компонента софтуерно, без да го разпоявате:

- **Резистори в паралел с диоди:** Винаги използвайте **Level 0.1V**. Това гарантира, че диодът не се „отваря“ и не изкривява стойността на резистора.
- **Кондензатори в захранващи шини:** Мерите на **100 kHz**. На тази честота реактивното съпротивление на кондензатора е минимално и уредът успява да види неговия **ESR (Rs)**, игнорирайки околните товари.
- **Трансформатори и индуктивности:** Проверявайте ги в режим **L + Rs**. Ако намерите индуктивност, чието съпротивление (**Rs**) е необичайно високо за дебелината на навивката, вероятно имате корозия или частично прекъсване.

6.4. Честотно сканиране (Sweep Mode) за скрити дефекти

Режимът **SCAN** (или Sweep) не е само за измерване на **Q-фактора**. Той е безценен за откриване на дефекти, които се проявяват само при определена честота.

- Ако един филтър или бобина изглеждат добре на **1 kHz**, пуснете сканиране до **100 kHz**. Ако графиката има резки, нелогични скокове („шум“), това често означава дефект в структурата на компонента или „студена“ спойка, която реагира на високата честота.

6.5. LZ3AI съветва: за измерването с честотното сканиране

- **Първо захранването: 90 %** от късите съединения са в керамични кондензатори на захранващи шини. Използвайте милионната техника първо там.
- **Z е по-добро от R:** Когато сравнявате две платки, винаги използвайте режима за **Импеданс (Z)** на честота над **1 kHz**. Обикновеното постоянно токово съпротивление (**R**) често не показва отклонения, които променливият ток веднага „хваща“.
- **Внимавайте с полярността:** Въпреки че мерите с променлив ток, при някои активни вериги на платката полярността на допир може да промени леко импеданса заради паразитните диоди в чиповете. Сравнявайте платките, като държите пинсетата в една и съща посока.

6.6. Практика: за измерването с честотното сканиране

1. Вземете здрава платка и намерете няколко контролни точки. Запишете техния импеданс Z на **10 kHz**.
2. Симулирайте „повреда“, като докоснете точката с влажен пръст или добавите паралелен резистор, и вижте как Z се променя драстично.
3. Използвайте режима **SCAN** върху малък трансформатор и наблюдавайте как се променя индуктивното съпротивление при повишаване на честотата.

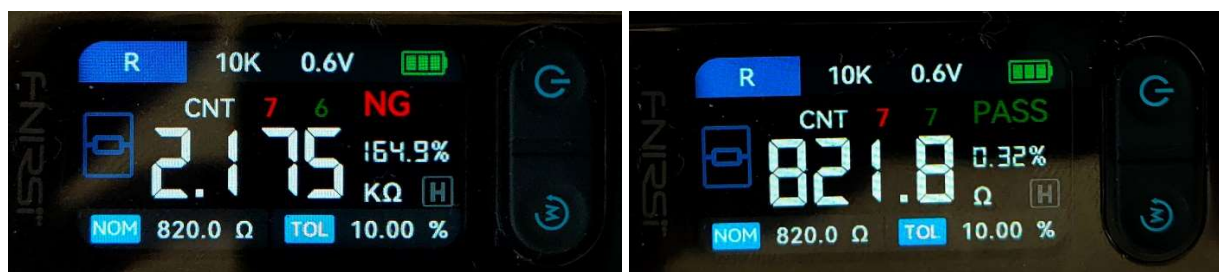
ГЛАВА 7: Масово тестване и автоматизация

Тази глава е насочена към ефективността – как да използваме **LCR-ST2** за бърза работа с голямо количество компоненти.

7.1. Сортиране (Sorting Mode)

Режимът за сортиране превръща пинсетата в интелигентен качествен контрол.

- **Настройка:** Задавате „еталон“ (напр. резистор **10 kΩ** и допустимо отклонение (напр. **1 %** или **5 %**).
- **Визуална индикация:** Уредът светва в **зелено (PASS)** и издава **единичен звук**, ако компонентът е в нормата, и в **червено (NG)** и издава **двоен звук**, ако е извън нея.



- **Приложение:** Идеално при асемблиране на китове или подбор на съгласувани двойки компоненти за аудио усилватели или RF филтри.

7.2. Работа „на сляпо“ в тесни пространства

LCR-ST2 е проектиран за работа в гъсто населени платки на съвременни смартфони и лаптопи.

- **Звукова сигнализация:** Използвайте звуковия сигнал при сортиране, за да не отклонявате поглед от микроскопичните **SMD** компоненти.
- **Hold функция:** Ако измервате точка, която е труднодостъпна и не виждате екрана, уредът може да задържи последната стабилна стойност, за да я погледнете след изтегляне на пинсетата.

7.3. Поддръжка и грижа за уреда

За да запазите точността, трябва да пазите механичната цялост на уреда и да му осигурявате елементарна поддръжка.

- **Грижа за върховете:** Никога не използвайте пинсетата за механично стъргане на лак, окиси или остатъци от припой! Върховете са позлатени и прецизно калибрирани. Всяко изкривяване или изпилване променя паразитните им параметри и ще компрометира измерванията на **100 kHz**.
- **Почистване:** Използвайте само изопропилов алкохол и мека кърпа. Чистотата на върховете е пряко свързана с точността при измерване на милиоми (**mΩ**).

7.4. LZ3AI съветва: за сортирането и поддръжка на уреда

- **Пинсетата не е отвертка:** Често срещана грешка е да се опитвате да „повдигнете“ задимен компонент с върховете на пинсетата. Това ще ги деформира непоправимо. Използвайте обикновена пинсета за механична работа и LCR-ST2 само за измерване.
- **Защита на батерията:** Ако няма да използвате уреда дълго време, заредете го до около **50-60 %**. Литиево-полимерните батерии не обичат да стоят напълно разредени.

7.5. Практика: за сортирането и поддръжката на уреда

1. Вземете лента с 20 еднакви **SMD** резистора. Настройте **Sorting Mode** на **1 %** и преминете през тях. Вижте колко бързо уредът ги класифицира.
 2. Проверете върховете на силна светлина – ако видите наслоявания, почистете ги и направете наново **Short (SC)** калибриране. Ще забележите как стойностите стават по-стабилни.
-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ремонтът и проектирането на електроника са колкото наука, толкова и изкуство. **FNIRSI LCR-ST2** е инструментът, който превръща невидимите процеси в ясни цифри и графики, давайки ни увереност във всяка спойка. Надявам се, че този наръчник ще ви помогне да извлечете максимума от своята „умна пинсета“ и ще превърне часовете, прекарани над платките, в още по-голямо удоволствие.

Не забравяйте, че най-добрият инструмент си остава вашето любопитство и внимание към детайла. Технологиите се променят, но принципите на добрата диагностика са вечни.

Техническата документация е като морска карта – тя ви показва пътя, но вие държите руля. Винаги се доверявайте първо на логиката и след това на уреда. Вашият **LCR-ST2** е инструмент, но вашето знание е силата, която го прави полезен.

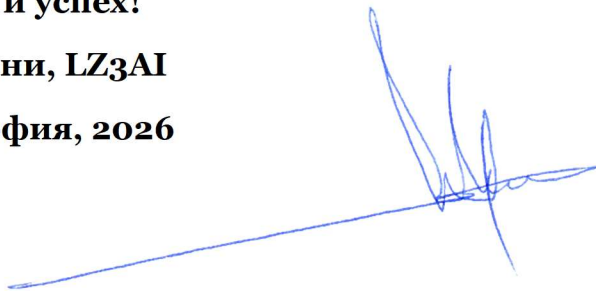
Благодаря ви за споделената страст! До среща в ефира!

73 и успех! Тони, LZ3AI

73 и успех!

Тони, LZ3AI

София, 2026



<https://www.qrz.com/db/LZ3AI>

<https://www.linkedin.com/in/lz3ai>

<https://www.galanto.com>

Често задавани въпроси (FAQ)

В този раздел са събрани отговорите на въпросите, които възникват в реална работа с уреда, когато теорията среща практиката.

В01: Защо уредът показва "С" (капацитет), когато мери бобина?

- **О:** Това е паразитният капацитет на намотките. Ако този капацитет е необичайно висок, бобината може да е дефектна или да сте избрали твърде висока честота, при която тя вече не работи като индуктивност.

В02: Как да разбера дали един кондензатор е "изсъхнал", ако капацитетът му изглежда нормален?

- **О:** Гледайте параметъра **Rs (ESR)**. Често капацитетът остава в норми, но вътрешното съпротивление скача драстично. Ако **Rs** е над стойностите в **Приложение 1**, кондензаторът е за смяна.

В03: Защо показанията "скачат" и не са стабилни?

- **О:** Обикновено това се дължи на лош контакт или неокислени върхове. Почистете върховете с алкохол. Друга причина може да е остатъчен заряд в кондензатора – винаги разреждайте преди измерване!

В04: Трябва ли да калибрирам уреда всеки път, когато го включа?

- **О:** Не е задължително, но е препоръчително, ако ще мерите много малки стойности (под **1 Ω** или под **10 pF**) или ако сте сменили честотата на измерване.
-

Приложения

Приложение 1: Таблица за допустим ESR (Rs) на електролитни кондензатори

Стойностите са в **омове (Ω)** при тестова честота **100 kHz**. Това са пределно допустимите стойности за здрави компоненти.

Капацитет	10V	16V	25V	35V	63V	160V+
1 μF	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	10.0
10 μF	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	4.0
47 μF	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	1.5
100 μF	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.8
470 μF	0.2	0.15	0.1	0.08	0.06	0.3
1000 μF	0.1	0.08	0.06	0.05	0.04	0.15

Приложение 2: Оперативни чек-листи

Чек-лист 1: Преди работа (Подготовка)

- Почистени ли са върховете на пинсетата с изопропилов алкохол?
- Направено ли е Open Calibration (**OC** – пинсети разтворени)?
- Направено ли е Short Calibration (**SC** – накъсо върху калибровъчната платка)?
- Батерията на уреда над **20 %** ли е?

Чек-лист 2: Измерване на платка (In-Circuit)

- Устройството напълно ли е изключено от захранването?
 - Кондензаторите разредени ли са? (**Критично!**)
 - Тестовото ниво настроено ли е на **0.1 V**, за да не се влияе от полупроводници?
 - Избрана ли е честота **100 kHz** за **ESR/RS** или **100 Hz** за капацитет?
-

Приложение 3: Функционално меню.

<POWER задържане> включва/изключва уреда

<MENU>

<MENU клик> включва подробен екран, ако е в даден режим на измерване

<MENU задържане> извежда функционалното меню

<SELECT наляво> намалява

<SELECT наляво задържане> променя левия вторичен параметър (R/C/L/Z)

<SELECT надясно> увеличава

<SELECT надясно задържане> променя десния вторичен параметър (θ /X/D/Q)

<SELECT клик> потвърждава

<LCR> режим за измерване на L, C или R

<SELECT клик> включва се измерване <LCR>;

<MENU BUTON клик> включва се подробен екран;

<SELECT клик> избира се в статуса параметър;

<AUTO/R/C/L/D> режим за измерване;

<100Hz/120Hz/1K/10K/100K> честота за измерване;

<0,1V/0,3V/0,6V/1V/> напрежение за измерване;

<SELECT избор> променя се параметъра;

<SELECT клик> потвърждава се избора и следващ;

<MENU клик> връща се основния екран;

<MENU задържане> извежда функционалното меню;

<SCAN> измерване със сканиране на всички честоти

<SELECT клик> избира се параметър за промяна;

<R/C/L> режим за измерване;;

<0,1V/0,3V/0,6V/1V/> напрежение за измерване;

<MENU задържане> извежда функционалното меню

<SORT>

<SELECT клик> избира се параметър за промяна;

<**R/C/L**> режим за измерване;
<**SELECT** наляво/надясно> променя параметъра
<**100Hz/120Hz/1K/10K/100K**> честота за измерване;
<**SELECT** наляво/надясно> променя параметъра
<**0,1V/0,3V/0,6V/1V/**> напрежение за измерване;
<**SELECT** наляво/надясно> променя параметъра
<**SELECT** наляво задържане> нулира сортирането
<**MENU задържане**> извежда функционалното меню
<**VOLTAGE**> измерване на напрежение
<**SETTING**> конфигурация на уреда
<**Language**> език
<**CH**> китайски
<**EN**> английски
<**MENU BUTON** клик> потвърждава и връща
<**Speed**> скорост
<**Slow**> бавна (по-точни измервания)
<**Fast**> бърза (по-бързи измервания – сортиране)
<**MENU** клик> потвърждава и връща
<**Start page**> начална страница
<**Main Page**> функционално меню
<**LCR**> измерване на L, C, R
<**Sweep**> честотно сканиране
<**Filter**> сортиране
<**Voltage**> потвърждава и връща
<**MENU BUTON** клик> потвърждава и връща
<**Orientation**> ориентация на дисплея
<**Auto**> автоматична ориентация
<**Right**> дясно ориентиран дисплей
<**Left**> ляво ориентиран дисплей

<MENU клик> потвърждава и връща

<Brightness> яркост

<0-100%> яркост през 10%

<MENU клик> потвърждава и връща

<Volume>

<0-100%> сила на звука през 10%

<MENU клик> потвърждава и връща

<Auto Power Off> автоматично изключване

<OFF> изключено

<5min> след 5 минути

<15min> след 15 минути

<30min> след 30 минути

<MENU клик> потвърждава и връща

<Calibration>

<SC> затворена верига – късо (Short Circuit)

<1Ω> 1 ом

<10Ω> 10 ома

<100Ω> 100 ома

<1kΩ> 1 килоом

<10kΩ> 10 килоома

<100kΩ> 100 килоома

<1MΩ> 1 мегаом

<10MΩ> 10 мегаома

<OC> отворена верига (Open Circuit)

<10V> 10 волта

<MENU клик> потвърждава и връща

<About> относно – показва версията на фирмуера

<Factory Settings> фабрични настройки

<CANC> отказ

<**OK**> ок

<**MENU** клик> потвърждава и връща

<**MENU** задържане> извежда функционалното меню

<**SELECT**> бутон за избор

<**SELECT** наляво> намалява

<**SELECT** надясно> увеличава

<**SELECT** клик> потвърждава

Речник на използваните термини и съкращения

За да говорим на един език, ето основните понятия, използвани в този наръчник:

- **ESR (Equivalent Series Resistance / Rs):** Еквивалентно последователно съпротивление. Най-важният показател за „здравето“ на един кондензатор.
 - **Q-фактор (Quality Factor):** Качествен фактор на бобината. Показва отношението между индуктивното и активното съпротивление (колко „чиста“ е бобината).
 - **Θ (Theta / Тита):** Фазов ъгъл, фазово отместване. Показва закъснението между тока и напрежението. $+90^\circ$ е идеална бобина, -90° е идеален кондензатор.
 - **Z (Impedance):** Пълно съпротивление на компонента при променлив ток.
 - **D (Dissipation Factor):** Коефициент на загубите (реципрочното на Q-фактора). Важен при тестване на кондензатори.
 - **4-проводно измерване (Kelvin Connection):** Метод, при който уредът използва два проводника за подаване на ток и два за измерване на напрежение. Това позволява прецизно измерване на милиоми, игнорирайки съпротивлението на самите сонди.
 - **In-Circuit (Директно на платката):** Метод на измерване, без да се разпоява компонентът от схемата.
 - **Vf (Forward Voltage):** Спад на напрежението върху диод в права посока.
 - **SMD (Surface Mount Device):** Компоненти за повърхностен монтаж (малките елементи, които пинсетата захваща).
-

Използвани източници и литература

При съставянето на този наръчник са използвани официални технически спецификации и практически опит от водещи специалисти в областта на измервателната техника:

1. **FNIRSI Technology Co., Ltd.** – *LCR-ST2 Intelligent Tweezers User Manual (V1.2)*. Официално ръководство за експлоатация и калибриране.
2. **FNIRSI Firmware Documentation (v1.5.1)** – Спецификации на софтуерните актуализации и алгоритми за автоматично разпознаване на компоненти.
3. **H. W. Ott** – *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*. Основи на импедансните измервания и филтрирането на шума.
4. **Специализирани видео прегледи и анализи:**
 - „FNIRSI ST2 Smart Tweezers: Пълен преглед и лабораторни тестове“ (Технически анализ на точността).
 - „Практическо използване на LCR пинсети при ремонт на дънни платки“ (Методи за In-Circuit диагностика).
5. **Galanto Electronic Library** – Материали за вътрешно съпротивление на батерии и диагностика на електролитни кондензатори.
6. **Личен архив и практика на LZ3AI** – Резултати от реални измервания и калибриране в радиолюбителска среда.

