

# Настольный цифровой вольтметр 4½ разряда с ЖК-индикатором

Сергей Глибин

Представленный ниже цифровой вольтметр может быть выполнен отдельным прибором или базовым блоком в составе мультиметра с высокой точностью измерений и малым током потребления.

В цифровых вольтметрах на 4½-разрядном АЦП ICL7135, опубликованных, например, в [1, 2], измеренное напряжение отображают цифровые семисегментные светодиодные (англ. аббревиатура – LED) индикаторы. Для таких измерительных приборов заслуживает внимания применение цифровых индикаторов на жидкокристаллических – ИЖЦ (англ. аббревиатура – LSD). Это приводит к значительному снижению токов потребления и, как следствие, влияние собственных помех на показания приборов исключается без превентивных мер, свойственных динамической индикации управления LED-индикаторами. Уже эти факторы обусловили массовый промышленный выпуск приборов с ИЖЦ, в том числе портативных мультиметров.

Схема вольтметра на 4½-разрядном АЦП и ИЖЦ приведена на рис. 1.

## Основные технические характеристики

Максимальное измеряемое входное напряжение, В .....  $\pm 19,999$   
 Входное сопротивление, МОм ..... 11,1  
 Разрешение, мВ ..... 1  
 Погрешность при максимальном значении измерения, % \* ..... 0,005  
 Частота обновления показаний, Гц ..... 2,5  
 Напряжение питания в пределах, В ..... 1–4,2  
 Номинальное напряжение питания, В ..... 3,7  
 Ток потребления при номинальном напряжении, мА ..... 2,1  
 Габаритные размеры, мм ..... 72×102×19  
 \* В диапазоне температур от 15 до 30°C.

АЦП на микросхеме DD1 ICL7135CN включён по типовой схеме [3]. Потенциональный источник опорного напряжения выполнен на микросхеме DA1 LM285D-1,2RG с ТКН не более  $\pm 30$  ppm/°C [4]. Требуемый для работы АЦП внешний тактовый генератор с частотой 100 кГц собран также по

типовому схеме – схеме Пирса на логическом элементе НЕ в составе микросхемы DD2 HEF4060BE, содержащей 14-битный двоичный счётчик. С выхода Q9 счётчика импульсная последовательность формы меандра частотой 97,7 Гц (поделённая на  $2^{10}$  тактовая частота) и амплитудой 5 В служит управляющим напряжением индикатора HG1 типа ИЖЦ-09-5/7. Управляющее напряжение поступает на его общий вывод СОМ и на входы Р микросхем DD2–DD7, на выходах которых для отображения цифр и символов формируются напряжения, противофазные управляющему.

В приборах на АЦП серии 7135 ситуация перегрузки, когда напряжение между входами IN<sub>+</sub> и IN<sub>-</sub> превысит значение  $\pm 1,9999$  вольта, сопровождается изменениями выходных сигналов АЦП. Так, на выходах данных B1–B8 – уровни лог. 0. На выходе перегрузки OR вместо уровня лог. 0 – импульсная последовательность формы меандра с частотой обновления показаний. На D1–D5 импульсы динамической индикации следуют уже не непрерывно, а пачками с частотой обновления, что и вызывает на LED-индикаторах мигание нулей (0-0-0-0) в четырёх младших разрядах.

Для аналогичного отображения перегрузки на ИЖЦ разработчики АЦП рекомендуют применить специализированную БИС ICM7211A, плюс несколько дополнительных логических микросхем (Figure 9 [3]). Это усложняет схемное решение и увеличивает габариты прибора. Конечно, индикацию перегрузки можно упростить, задействовав в ИЖЦ символ «–» (Figure 10 [3]) или неиспользуемую десятичную точку DP, но визуально это малозаметно. В настоящее время нетрудно найти отечественные дешифраторы K176ИД2, которые, помимо сигналов управления семисегментными индикаторами,



Дополнительные материалы к этой статье можно скачать, перейдя по ссылке в QR-коде

имеют как строб-входы ST, так и входы BI (Blanking Input) – входы гашения. Подача с выходов D1–D4 АЦП импульсов динамической индикации в качестве стробирующих на входы ST дешифраторов и импульсов гашения с выхода OR на входы BI обеспечит отображение перегрузки на ИЖЦ, идентичное «светодиодной». Четыре таких дешифратора DD3–DD6 в вольтметре без каких-либо дополнительных элементов заменили «набор» с ICM7211A и заняли на печатной плате меньшую площадь. Подобное схемное решение с применением K176ИД2 было успешно реализовано автором значительно ранее в электронных часах-таймере [5], содержащих микросхему K176ИЕ18, тоже вырабатывавшую импульсы динамической индикации.

В старшем разряде D1 индикатора HG1 отображаются символы: «L» (Low Bat) из сегментов 1F, 1E, 1D; «1» – 1B, 1C; «–» (минус) – 1G, а в разряде D2 – десятичная точка DP2. Для их отображения применена микросхема DD7 HCF4054BE – драйвер управления ИЖЦ. Драйвер содержит четыре стробируемые защёлки на DL-триггерах и четыре выходных усилителя управляющего напряжения ИЖЦ. Выходные напряжения формируются из сигналов на соответствующем D-входе и общем входе Р как результат логической операции «исключающее ИЛИ». При измерениях отрицательных напряжений для отображения символа «–» (минус) сегментом G1 ИЖЦ дополнитель но установлен инвертор на элементах VT2, R15.

Стабильное напряжение питания +5 В выдаёт повышающий преобразователь, выполненный на микросхеме DA3 NCP1402SN50T1. КПД преобразователя при напряжении на входе 3,7 В не хуже 0,925. Для получения на малых токах максимального КПД следует правильно выбрать параметры дросселя L2 [6]. В данном случае его индуктивность должна быть в пределах

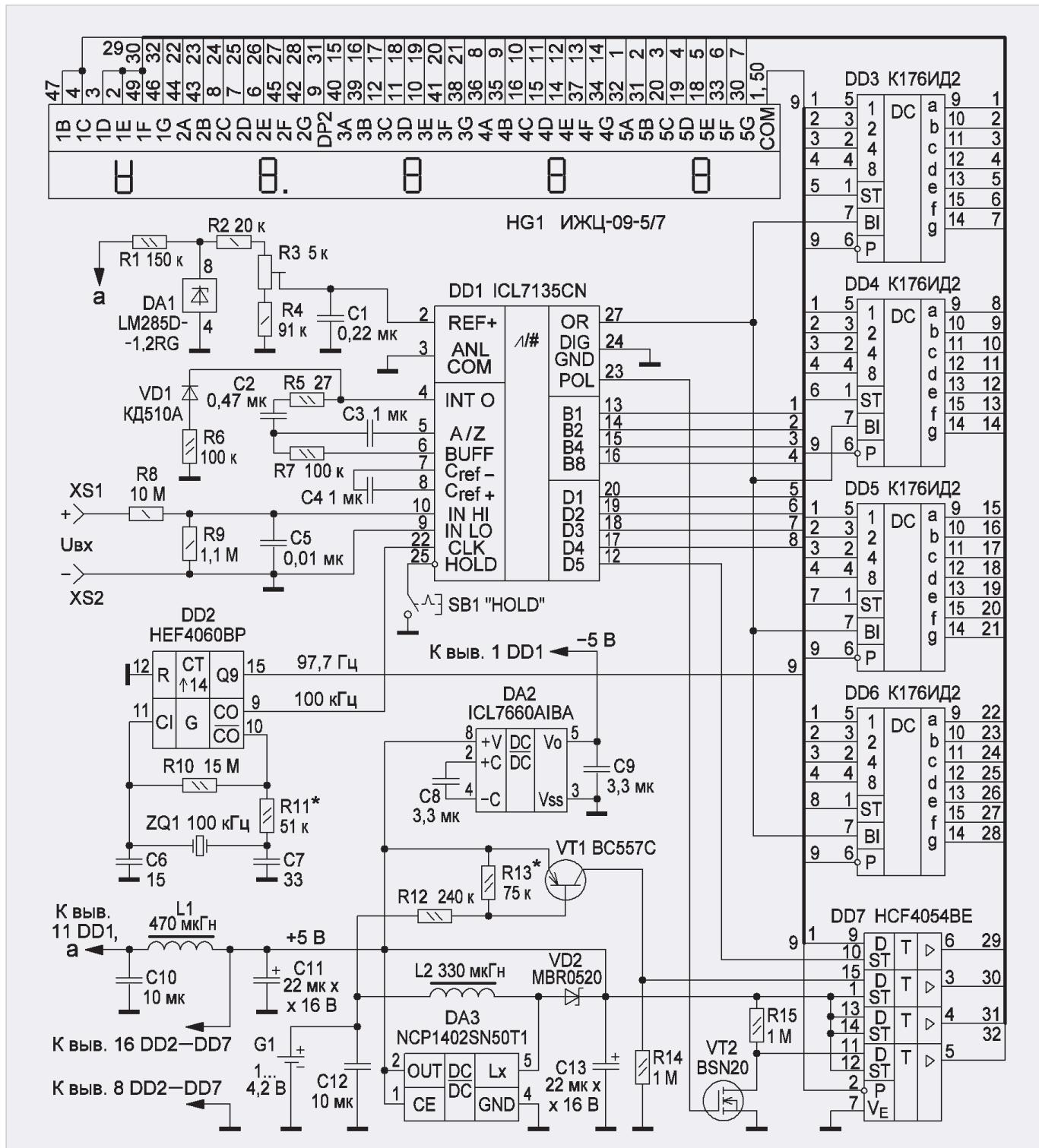


Рис. 1. Принципиальная схема вольтметра

220...360 мГн, а активное сопротивление – не более 2 Ом. Автор применил дроссель серии EC36. Напряжение питания –5 В получено от преобразователя серии 7660A (DA2) на коммутируемых конденсаторах. Образцы серии 7660S, взятые на тестирование из трёх разных источников, почему-то имели повышенное внутреннее сопротивление. Узел слежения за разрядом аккумулятора собран на транзисторе VT1 и описан автором в [7].

Для получения высокой точности измерений необходимо при выборе некоторых электронных компонентов соблюдать следующие рекомендации.

1. Источник опорного напряжения DA1 должен обладать ТКН не хуже  $\pm 50 \text{ ppm}^\circ\text{C}$ .
2. Резисторы R2, R4, R8 и R9 – металлоплёночные (Metal Film) с допуском  $\pm 1\%$  и ТКС  $\pm 100 \text{ ppm}^\circ\text{C}$ , лучше  $\pm 50 \text{ ppm}^\circ\text{C}$ . Например, серии MF25 или MBB0207.
3. Конденсаторы C1, C3–C5 – металлоплёночные, номинальное напряжение 63 В или 100 В.
4. Интегрирующий конденсатор C2 для ICL7135CN рекомендован в [8] с диэлектриком как из полипропилена, так и из полиэстера. Полипропиленовые конденсаторы предпочтительнее, но более габаритны. Были испытаны полипропиленовый серии CBB22 0,47 мкФ 630 В и с диэлектриком из поли-

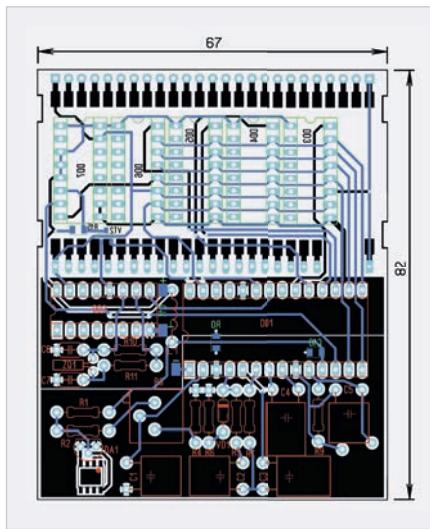


Рис. 2. Шаблон печатной платы вольтметра

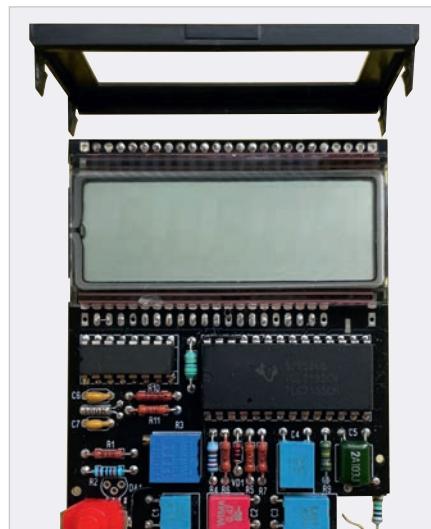


Рис. 3. Плата со снятым каркасом ИЖЦ

эстера серии MKS2 0,47 мкФ 63 В (WIMA). При подаче на вход «U<sub>bx</sub>» напряжений от 10 мВ до 10 В показания при смене конденсаторов совпадали, хотя при тесте на абсорбцию переносом входа IN<sup>+</sup> (IN HI) АЦП на вход REF<sup>+</sup> они были соответственно 9996 и 9990. АЦП с его разрешением не «почувствовал» разницу в абсорбции. Установлен конденсатор из полиэстера как менее габаритный. Резисторы: R1, R5-R7, R10-R14 – C2-33 0,125 Вт; R15 – поверхностно монтируемый, типоразмера 0805 (SMD 0805); подстроечный резистор R3 – многооборотный серии 3296 исполнения Р.

Конденсаторы: C6, C7 – K10-17Б имп.; C8, C9, C12 – SMD 1206; C10 – SMD 0805; оксидный C11 – SMD, типоразмера С; C13 – типоразмера В.

Дроссель L1 – серии EC24.

В АЦП серии 7135 имеется функция HOLD, позволяющая зафиксировать отображаемое на индикаторе измеренное значение. Для её включения задействована кнопка с фиксацией SB1 типа 1208YD.

Шаблон печатной платы вольтметра в формате программы Sprint-Layout 6.0 приведён на сайте редакции, а в формате BMP на рис. 2. Её размеры 67×82 мм. Аналоговый и цифровой полигоны общего провода раздельные и соединены в одной точке резистором нулевого сопротивления R0 типа SMD 0805. До монтажа резистора следует убедиться в отсутствии замыканий между полигонами.

ИЖЦ-09-7/5 подключён к плате прибора через две токопроводящие резиновые полоски «зебра». Он накрыт

каркасом, склеенным из тонкого листового полистирола, с окном под экран (рис. 3). Для крепления каркаса на его боках имеются по две лапки с зубцами, направленные к кромкам платы. «Зебры» укладывают на контактные площадки платы, сверху – индикатор, его накрывают каркасом и весь пакет прижимают к плате до фиксации зубцов на кромках. На контактных площадках имеются два ряда сквозных отверстий под пайку (рис. 2), что позволяет установить в них ИЖЦ с гибкими выводами, например, ИЖЦ2-5/7. Соединения отверстий с выходами микросхем DD2-DD7 выполнены отрезками провода МС 16-13 сечением 0,07 мм<sup>2</sup>.

Чертёж печатной платы блока питания и расположение элементов приведены на рис. 4. Плата изгото- влена из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита. Медная фольга на стороне платы, не содержащей элементы, служит полигоном общего провода. Для соединения выводов элементов с полигоном в сквозные отверстия контактных площадок вставлены и пропаяны с обеих сторон отрезки одножильного монтажного провода. На расположении элементов эти отверстия отмечены чёрным цветом.

Конструкция вольтметра предусматривает установку двух источников питания (ИП). Основной – G1 – литий-полимерный аккумулятор, размещён на нижней стороне платы (рис. 5, поз. 1) слева от блока питания (поз. 2). Ёмкости 1600 мА·ч хватает на месяц непрерывной работы прибора. Второй ИП (поз. 3) – резерв-

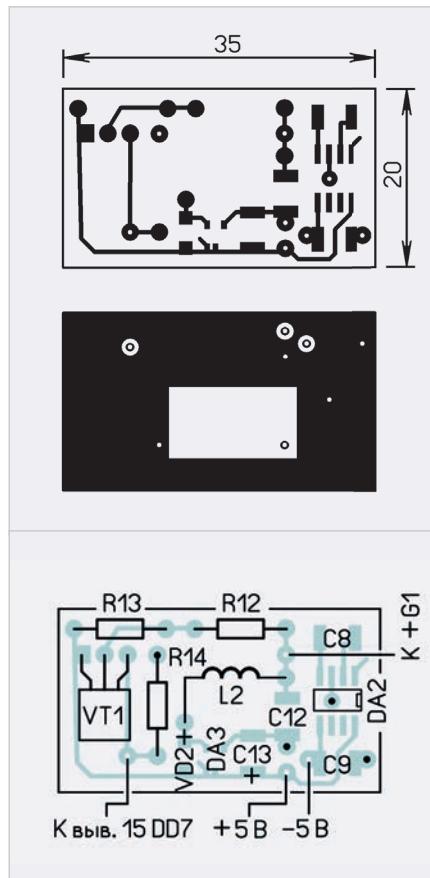


Рис. 4. Чертёж печатной платы блока питания вольтметра

ный, типоразмера AAA (мизинчиковый), можно установить как аккумулятор, так и гальванический элемент. Для переключений ИП установлен угловой движковый микропереключатель MK-22D10 (поз. 4). Заряжают аккумуляторы через гнездо DS-212 (поз. 5). Гнездо, микропереключатель и резервный ИП на рис. 1 не показаны.

В налаживании вольтметр достаточно прост. Сначала на плате монтируют микросхему DD2 с элементами генератора. Подборкой резистора R11 добиваются минимального тока, потребляемого микросхемой (около 50 мА). После завершения монтажа вольтметра показания калибруют движком подстроечного резистора R3, а при напряжении аккумулятора 3...3,15 В подбором номинала резистора R13 выставляют появление в разряде D1 индикатора HG1 символа «L» (Low Bat).

Автор выражает признательность коллеге Вадиму Мусияке за создание 3D-модели корпуса прибора и его изготовление на 3D-принтере, а также Рашиду Соколову за изготовление печатных плат на промышленном оборудовании.

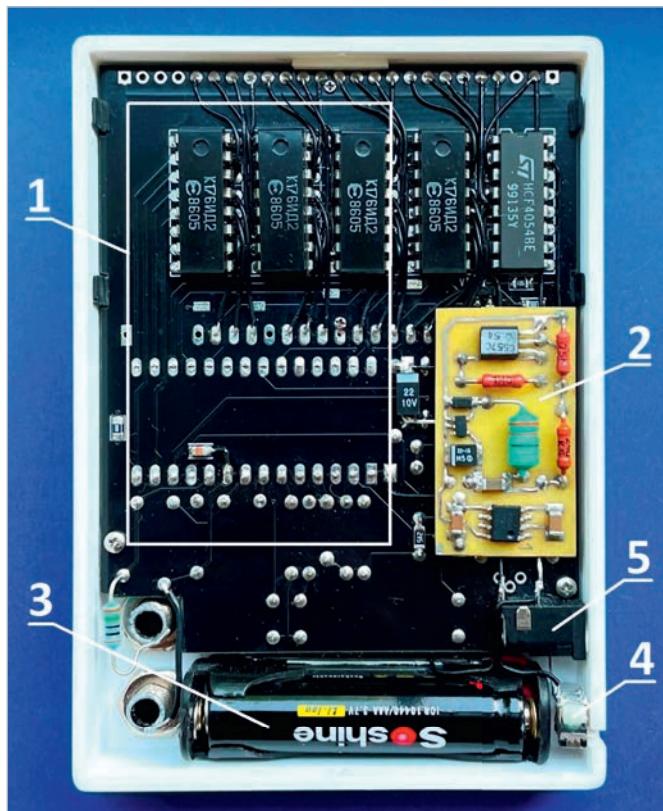


Рис. 5. Вид полностью смонтированного вольтметра



Рис. 6. Вид прибора в корпусе

## Литература

1. Коротков И. Вольтметр на ICL7135 // Радио. 2004. № 9. С. 33, 34.
2. Бирюков С. Настольный вольтметр на 4½ разряда // Радио. 2024. № 8. С. 29–32; Радио. 2025. № 1. С. 29–31.
3. ICL71356. URL: <https://pl-1.org/getproductfile.axd?id=12730&filename=icl7135.pdf> (дата обращения: 25.08.2025).
4. LM285. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/401/DOC040401901.pdf> (дата обращения: 25.08.2025).
5. Глибин С. Часы-таймер с будильником // Радио. 1994. № 7. С. 22–25.
6. Глибин С. Микромощный преобразователь напряжения с высоким КПД // Радио. 2017. № 5. С. 23.
7. Глибин С. Узел контроля разрядки литиевого аккумулятора // Радио. 2019. № 4. С. 20.
8. ICL7135C, TLC7135C 4 ½-DIGIT PRECISION ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTERS. URL: <https://pl-1.org/getproductfile.axd?id=12730&filename=tlc7135.pdf> (дата обращения: 25.08.2025).

## НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

### Россия экстренно собирает мнение ИТ-отрасли о свободной торговле чипами с Индией

Правительство России готовится к переговорам о свободной торговле с Индией и экстренно собирает позицию отечественных производителей радиоэлектроники. Как сообщили источники CNews, департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга 2 октября разослал компаниям запрос, ответ на который требуется предоставить до 3 октября 2025 года.

#### Что хочет Минпромторг

Ведомство просит предоставить:

- список ИТ-компаний, заинтересованных в беспошлинной торговле с Индией (с указанием продукции и обоснованием интереса);

- оценку потенциала экспорта в Индию;
- сведения о действующих или планируемых инвестиционных проектах;
- перечень чувствительных тарифов и сбров при экспорте;
- данные о нетарифных ограничениях (сертификация, стандарты, техрегламенты). От компаний также ждут оценки:
- объемов критически важного импорта промышленных товаров из Индии;
- влияния снятия барьеров на конкурентную среду в России;
- возможных рисков для внутреннего рынка и отечественных производителей.

#### Контекст

Первый раунд переговоров по соглашению о свободной торговле между Индией и странами ЕАЭС запланирован на ноябрь 2025 года.



#### Аргументы «за» и «против»

- За: доступ к индийскому рынку и диверсификация поставок чипов и электроники.
- Против: возможное усиление конкуренции для российских производителей и давление на внутренний рынок.

