

Решение от Pairui для поддержания постоянного уровня освещенности: от разработки ключевых технологий до внедрения. Модернизация освещения для российского образования и офисов

Сергей Антипин
antipin@pairuigroup.com

Благодаря своим сквозным технологическим возможностям – самостоятельной разработке драйверов и датчиков освещенности – компания Pairui создала проводное решение для поддержания постоянной освещенности, адаптированное для образовательных учреждений и офисов. Это решение успешно применяется в разных странах и не только обеспечивает точное поддержание освещенности на уровне 300–400 лк в сотнях классных комнат и офисов Сингапура, но и благодаря высокой производительности источников питания и интеллектуальной логике регулирования развеивает сомнения относительно «эффекта постоянной освещенности», предлагая российскому рынку вариант модернизации освещения с «прослеживаемыми технологиями и проверяемым результатом», что намного превосходит нестабильные беспроводные решения.

Полностью собственные аппаратные средства Pairui формируют замкнутый цикл «обнаружение – регулирование – вывод».

В отличие от составных решений «сторонний датчик освещенности + драйвер», LED-драйвер с диммированием 1–10 В PEAN-B2 и датчик освещенности PR-MS10 от Pairui изначально разработаны как единое решение и на аппаратном уровне обеспечивают согласо-

вание параметров и управления, гарантируя стабильный и надежный эффект поддержания постоянной освещенности.

LED-ДРАЙВЕР С УПРАВЛЕНИЕМ 1–10V PEAN-B2: «СИЛОВОЕ СЕРДЦЕ» УСТОЙЧИВОГО ОСВЕЩЕНИЯ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ОТВЕЧАЮЩАЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЗАДАННЫХ СЦЕНАРИЕВ ОСВЕЩЕНИЯ

Как ключевой исполнительный элемент решения, серия драйверов PEAN-B2 с тремя основными характеристиками – высокая точность, высокая стабильность, надежная совместимость – обеспечивает устойчивую поддержку для постоянного уровня освещенности. Его технические детали непосредственно отвечают на основные вопросы клиентов о «надежности и точности выходных характеристик»:

1. Постоянный ток на выходе: точность $\pm 3\%$, что на уровне источника питания значительно подавляет изменения уровня освещенности, вызванные колебаниями выходного тока:
- используется чип адаптивного управления постоянным током собственной разработки Pairui, точность выходного тока контролируется на уровне $\pm 3\%$ (что

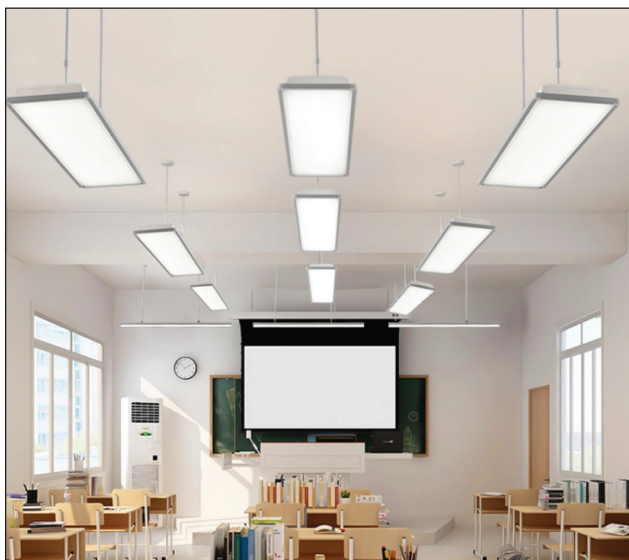


Рис. 1. Использование LED-драйвер с управлением 1–10V PEAN-B2 в учебных учреждениях

значительно превышает обычный отраслевой стандарт $\pm 5\%$). В сочетании с широким диапазоном выходного напряжения 27–44 В он может точно адаптироваться к LED-панелям в образовательных учреждениях и подвесным офисным светильникам. Даже при изменении входного напряжения в диапазоне 176–264 В АС (типичный диапазон в электрических сетях зданий) или при деградации светового потока светодиодов выходной ток остается стабильным, предотвращая мерцание и обеспечивая постоянный уровень освещенности.

2. Многоуровневая защита – шесть уровней защиты для работы в сложных условиях:
 - учитывая особенности интенсивного использования в учебных помещениях во время перемен и длительной работы в офисах, драйвер имеет встроенную защиту от короткого замыкания – время срабатывания < 100 мкс;
 - защита от перегрузки (автоматическое ограничение тока при 120%-ной нагрузке);
 - защита от перегрева (снижение мощности при $T_c = +80^\circ\text{C}$, предотвращает перегрев и перегорание компонентов);
 - защита от холостого хода (автоматическое отключение при снятии светильника);
 - защита от перенапряжений (устойчивость к грозовым разрядам 2KV L-N);
 - изоляционная защита (I/P-O/P 3KVAC, O/P-PE 1.5KVAC).
- Даже в неблагоприятных условиях, таких как влажность или колебания напряжения, он сохраняет стабильную работу, 5-летняя гарантия является дополнительным подтверждением его надежности и долговечности.
3. Синхронизация диммирования – точное взаимодействие 1–10 В, без задержек и разрывов:
 - кривая диммирования оптимизирована specifically для собственного датчика PR-MS10. Поддерживает вход изолированного сигнала диммирования 0.1–10 В. Когда выходное напряжение датчика изменяется в диапазонах 0,2–0,6 В (включение диммирования), 0,1–0,5 В (выключение диммирования), драйвер

с помощью гибридной технологии «PWM + линейное диммирование» обеспечивает плавную регулировку тока (шаг регулировки < 1 мА), без мерцания или разрывов при диммировании, гарантируя бесшовный переход освещенности от 10 до 100%.

4. Адаптация к окружающей среде – широкий диапазон рабочей температуры от -25 до $+45^\circ\text{C}$:
 - используются устойчивые к низким температурам конденсаторы и микросхемы, стабильно работающие при высоких температурах. Рабочий температурный диапазон расширен до $-25...+45^\circ\text{C}$. Даже в условиях низких температур зимой задержка запуска составляет < 500 мс. При этом мощность холостого хода ≤ 1 Вт, максимальная эффективность при полной нагрузке достигает 84% (модель PEAN040), что сочетает стабильность и энергоэффективность, соответствуя требованиям к контролю энергопотребления в российских общественных зданиях и на предприятиях.

ДАТЧИК ОСВЕЩЕННОСТИ 1–10 В PR-MS10: «ВОСПРИНИМАЮЩИЙ МОЗГ» ПОСТОЯННОГО ОСВЕЩЕНИЯ, ПРОЗРАЧНЫЙ И ПРОВЕРЯЕМЫЙ ПРИНЦИП РАБОТЫ

Датчик освещенности Pairui PR-MS10 – это не просто «элемент обнаружения уровня освещенности», а центр управления, обладающий способностями высокоточного обнаружения + интеллектуальных вычислений. Его принцип управления постоянной освещенностью ясен и прослеживаем, что позволяет клиенту интуитивно понять, «почему достигается стабильная освещенность»:

1. Уровень датчика – светочувствительный элемент, улавливающий малейшие изменения освещенности:
 - встроенный кремниевый PIN-фотодиод (диапазон спектральной чувствительности 400–700 нм, соответствует спектру человеческого зрения) в сочетании со специальной оптической линзой от Pairui (уменьшает влияние паразитной засветки, угол обзора 120°) позволяет определять интенсивность окружающего освещения с точностью до ± 5 лк (при обычной отраслевой точности ± 10 лк). Даже разница в освещенности между областью у окна и углом комнаты в классе или колебания естественного света из-за облаков в офисе фиксируются в реальном времени.
2. Вычислительный уровень – 16-битный АЦП + собственный алгоритм, фиксация целевой освещенности:
 - полученный сигнал уровня освещенности преобразуется 16-бит АЦП в цифровой сигнал, после чего встроенный в датчик микроконтроллер (MCU) запускает алгоритм постоянного освещения от Pairui. Алгоритм сравнивает обнаруженную освещенность в реальном времени с целевой освещенностью, установленной пользователем (устанавливается с помощью 16-позиционного кодирующего переключателя, регулируемый диапазон 100–2000 лк, поддерживает стандарты: 300 лк для образовательных учреждений, 400 лк для офисов), и автоматически вычисляет необходимую компенсирующую разницу в освещенности;
 - когда естественное освещение в классе составляет 80 лк, а целевая освещенность – 300 лк, алгоритм автоматически рассчитает необходимую компенсацию

в 220 лк. Затем на основе параметров световой отдачи светильника (предустановлены в алгоритме, адаптированы под выходные характеристики драйверов Pairui), он преобразует это значение в соответствующий сигнал напряжения управления 0–10 В (например, выходное напряжение 2,2 В соответствует выходному току драйвера 220 мА, обеспечивая компенсацию освещенности в 220 лк).

3. Исполнительный уровень – передача сигнала по проводам, без помех и задержек:
 - используется конструкция с прямым подключением проводов (красный – к «+» управления драйвера, черный – к «–» управления) для прямой передачи рассчитанного напряжения диммирования 0–10 В на драйвер PEAN-B2. Погрешность передачи сигнала < 1%, время отклика < 100 мс. В отличие от беспроводных решений, которые зависят от сетевого сигнала (уязвимы для помех от электронного оборудования в классе или офисного Wi-Fi), проводное соединение гарантирует бесперебойное замкнутое управление «обнаружение – вычисление – исполнение». Даже при одновременной работе в нескольких классах или офисных зонах не возникает конфликтов сигналов.
4. Уровень настройки – визуальный контроль, точная установка целевой освещенности:
 - оснащен 16-позиционным BCD кодирующим переключателем (положения 0–F), где каждое положение соответствует определенному значению освещенности (например, положение 5–300 лк, положение 8–400 лк). Пользователь может напрямую устанавливать целевую освещенность с помощью переключателя, без специальных инструментов для настройки. Предусмотрена встроенная функция памяти освещенности, которая сохраняет исходные настройки после отключения и повторного включения питания, избавляя учебные заведения или предприятия от частых повторных настроек.

ПОЛНЫЙ ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ПОСТОЯННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ: ОТ ПРИНЦИПА ДО ВНЕДРЕНИЯ, КАЖДЫЙ ШАГ МОЖНО ПРОВЕРИТЬ

Управление постоянным освещением в решении Pairui «PEAN-B2 + PR-MS10» – это не «черный ящик», а полный замкнутый цикл. На примере модернизации классной комнаты в Сингапуре (целевая освещенность 300 лк) его можно четко разложить по шагам:

1. Начальная настройка: пользователь с помощью кодирующего переключателя PR-MS10 устанавливает целевую освещенность 300 лк. Датчик и драйвер PEAN-B2 соединяются красно-черными проводами. Драйвер подает питание на LED-модуль.
2. Контроль в реальном времени: светочувствительный элемент PR-MS10 определяет текущую освещенность в классе (например, в 8:30 утра – 80 лк). После АЦ-преобразования и вычислений алгоритм определяет необходимость компенсации 220 лк.
3. Передача сигнала: датчик выдает напряжение диммирования 2,2 В, которое по проводам передается на драйвер PEAN-B2.



Рис. 2. Датчик освещенности 1–10 В Pairui PR-MS10 в системе постоянного освещения учебного учреждения

4. Отклик драйвера: драйвер, получив сигнал 2,2 В, в соответствии с предустановленной кривой соответствия «напряжение – ток», выдает постоянный ток 220 мА. Светильники увеличивают световой поток и обеспечивают дополнительную освещенность в 220 лк.
5. Обратная связь и регулирование: PR-MS10 продолжает отслеживать общую освещенность в помещении (80 лк + 220 лк = 300 лк). Если естественный свет усиливается (например, в полдень в 12:00 естественный свет достигает 200 лк), алгоритм вычисляет необходимость компенсации только 100 лк. Датчик выдает напряжение диммирования 1,0 В, драйвер выдает ток 100 мА, поддерживая общую освещенность на уровне 300 лк.
6. Защита при аномалиях: если в светильнике происходит короткое замыкание, драйвер PEAN-B2 активирует защиту и немедленно отключает LED-модуль. Если датчик обнаруживает аномальную освещенность (например, внезапное падение до 0 лк), он выдает напряжение ниже 0,5 В, и драйвер отключает светильники, избегая энергопотребления.

ВНЕДРЕНИЕ И ПРОВЕРКА В СИНГАПУРЕ: ОТ УЧРЕЖДЕНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ДО ОФИСОВ, РЕЗУЛЬТАТ НАЛИЦО

Данное решение уже прошло масштабную проверку в образовательных учреждениях и пилотные проекты в офисах в Сингапуре, доказывая эффект постоянной освещенности реальными данными и предоставляя российским клиентам достоверную информацию.

- Образовательная сфера: в рамках модернизации 520 классных комнат в 23 государственных школах Сингапура с помощью «PEAN-B2 + PR-MS10» была достигнута постоянная освещенность 300 лк. По испытаниям сторонней сертификационной организации (SGS), равномерность освещенности во всех зонах классных комнат достигла 0,85 (при национальном стандарте $\geq 0,7$). Количество жалоб учащихся на зрительное утомление снизилось на 42%. При этом благодаря динамическому использованию естественного света энергопотребление освещения в классах сократилось на 38%.



Рис. 3. Внедрение системы постоянной освещенности PEAN-B2 + датчик Pairui PR-MS10 в школьных классах



Рис. 4. Офис открытого типа: применение датчика Pairui PR-MS10 и контроллера PEAN-B2 для стабильного уровня освещенности

– Офисное освещение: в офисе открытого типа площадью 1200 м² одной из высокотехнологических компаний Сингапура была установлена целевая освещенность 400 лк. Сотрудники отметили, что освещение стабильное, средняя продолжительность концентрации во время работы увеличилась на 18%. Записи административно-хозяйственной службы показали, что решение в течение 18 месяцев работает безотказно, что значительно лучше предыдущей беспроводной схемы (в среднем одна проблема с помехами сигнала возникала каждые три месяца).

АДАПТАЦИЯ ДЛЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА: СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ, КАСТОМИЗАЦИЯ ПОД СЦЕНАРИИ, УСИЛЕНИЕ ДОВЕРИЯ

С учетом потребностей российского рынка, решение Pairui было дополнительно оптимизировано в технологическом и сервисном аспектах для укрепления доверия клиентов:

1. Полный набор сертификатов. Драйвер PEAN-B2 соответствует стандартам EC EN61347, IEC61347 и другим регламентам. Датчик освещенности PR-MS10 имеет сертификаты CE, RoHS, осуществляется поддержка дистрибьюторов и производителя в оформлении сертификатов ЕАС, что полностью удовлетворяет требованиям для ввоза осветительной продукции в Россию.

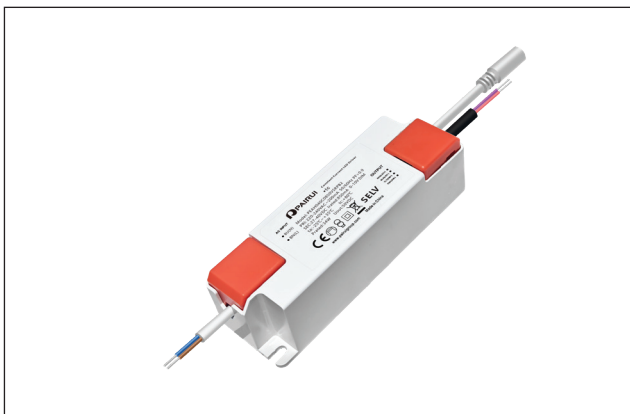


Рис. 5. LED драйвер серии PEAN

2. Кастомизация под сценарии. Предлагаются пакеты для образовательных учреждений (предустановка 300 Lux, инструменты для синхронной настройки нескольких классов) и пакеты для офисов (предустановка 400 Lux, решения для зонального управления), предназначенные для крупных российских офисов и школ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прозрачные технологии, доказуемый результат – решение Pairui является надежным выбором для модернизации освещения в России.

В отличие от беспроводных решений, которые зависят от стабильности сигнала и дают непредсказуемый результат, система Pairui представляет собой драйвер 1–10 В PEAN-B2 + датчик освещенности PR-MS10 и отличается тремя основными преимуществами – совместной работой собственных аппаратных средств, прозрачной и прослеживаемой концепцией, проверяемыми данными внедрения. Все это делает постоянную освещенность не просто рекламным слоганом – здесь каждая техническая деталь обеспечивает стабильность и надежность. Будь то модернизация классов в российских школах или улучшение освещения на предприятиях, решение Pairui с его высокой технологичностью и практическими результатами может стать надежным партнером для клиентов.



Рис. 6. Датчик освещенности MS10