

Relio² - Relazione Tecnica

Revisione 1.02 - 28 Novembre 2018 - info@relio.it

Abstract—Relio² è un illuminatore professionale che emette luce bianca ad altissima resa cromatica.

Una serie di caratteristiche peculiari lo rendono adatto a impieghi professionali, didattici e scientifici:

- La luce emessa rappresenta lo stato dell'arte tecnologico in termini di continuità dello spettro e viene certificata mediante spettrofotometria dedicata.
- Le ottiche di collimazione intercambiabili rappresentano lo stato dell'arte tecnologico in termini di pulizia cromatica, modulabilità ed efficienza di collimazione.
- La grande versatilità meccanica permette di inserirlo nel parco strumentazione e adattarlo facilmente a più contesti d'utilizzo, con notevole risparmio economico nel medio-lungo termine.
- L'elettronica di pilotaggio rappresenta lo stato dell'arte tecnologico in termini di efficienza energetica, costanza nel controllo di corrente, protezione da errato utilizzo e apertura agli standard di comunicazione wired e wireless più moderni.
- L'integrazione di un processore a 32bit riprogrammabile permette di personalizzare il funzionamento dello strumento, tramite l'interazione con le API Bluetooth da noi rese pubbliche oppure tramite personalizzazione del firmware interno.
- L'adesione a standard Open-Source e di completa riparabilità rendono Relio² uno strumento durevole e manutenibile in sede, con componenti di comune disponibilità.
- La messa a disposizione su licenza Creative-Commons di una serie, in continua espansione, di accessori tridimensionali stampabili in 3D permette una versatilità d'uso senza precedenti.

CONTENTS

I	Introduzione	1
II	ASPETTO 1: La sorgente luminosa	2
III	ASPETTO 2: Le ottiche di collimazione	2
IV	ASPETTO 3: Le meccaniche di alloggiamento	2
V	ASPETTO 4: L'elettronica di alimentazione	3
	V-A Basso voltaggio:	3
	V-B Assenza di batteria integrata:	3
	V-C Robustezza:	3
	V-D Altissima efficienza:	3
	V-E Ultra-Flicker-free:	3
	V-F Controllo della luminosità in corrente costante:	3
	V-G Curva di luminosità scotopica:	3
	V-H Microprocessore integrato:	4
VI	ASPETTO 5: Controllo wired e wireless	4
VII	ASPETTO 6: Rispetto degli standard Open-Source e di manutenibilità	4

VIII	ASPETTO 7: Accessori 3D stampabili in tecnologia FDM®	4
IX	A chi è rivolto	4
X	Composizione del kit	4
	X-A Il Base Kit comprende:	4
	X-B Il Desk Kit comprende:	5
XI	Varianti per utilizzi specifici	5
XII	Specifiche Tecniche:	5

I. INTRODUZIONE

La resa cromatica è la capacità di una sorgente di luce bianca di rappresentare fedelmente i colori degli oggetti e delle superfici con essa illuminati.

La luce naturale emessa dal Sole viene ad oggi considerata la sorgente luminosa con massima fedeltà cromatica. Ciò è dato dalla particolare curva di spettro assunta dopo che essa, originante da corpo nero quasi ideale, attraversa uno strato di atmosfera terrestre che ne altera la composizione.

La luce artificiale che più si avvicina a tale composizione di spettro è generata dalle lampade a incandescenza: stante il medesimo principio di funzionamento di corpo nero incandescente, le lampade a incandescenza emettono luce ad altissima fedeltà cromatica.

Così come il Sole, anche le lampade a incandescenza emettono lunghezze d'onda spurie (IR, UV), non visibili e potenzialmente indesiderate.

La presenza di queste spurie comporta spreco di energia sotto forma di calore e rende le lampade a incandescenza inadatte per usi tecnici ove siano richieste bassa temperatura di utilizzo, ridotta dimensione dei corpi illuminanti e limitazione dell'energia irradiata verso le superfici illuminate.

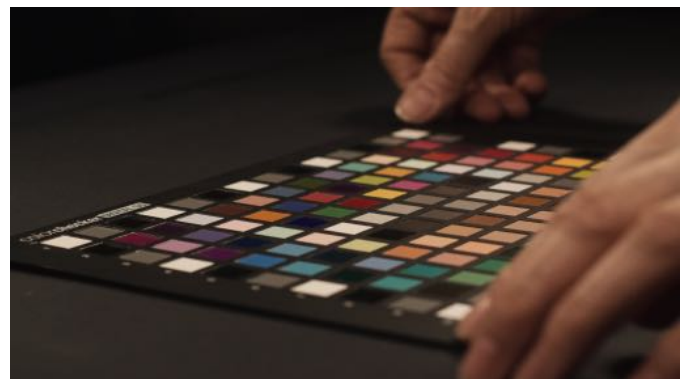


Fig. 1. Tavola colorimetrica usata per calibrazione

Le lampade a incandescenza, ad oggi, vengono via via sostituite dalle lampade a LED di natura commerciale.

Tuttavia, le sorgenti LED reperibili nella grande distribuzione avvantaggiano l'efficienza energetica a discapito della continuità di spettro: ne consegue una resa cromatica insoddisfacente.

Relio² emette una luce a spettro continuo, ereditando molte delle caratteristiche positive delle lampade a incandescenza, meno lo smodato consumo energetico e meno l'emissione di dannose radiazioni ultraviolette e infrarosse.

Per rendere Relio² lo stato dell'arte dell'illuminazione professionale, si è lavorato sotto i seguenti aspetti: selezione della sorgente luminosa, creazione delle ottiche di collimazione, creazione delle meccaniche di alloggiamento su misura, creazione dell'elettronica su misura, creazione di un sistema di controllo a distanza su misura, apertura agli standard mondiali e Open-Source, disponibilità di modelli tridimensionali di accessori addizionali.

II. ASPETTO 1: LA SORGENTE LUMINOSA

La temperatura colore (CCT) del LED di Relio² è 4000K, un bianco neutrale con resa cromatica elevatissima e certificata dagli standard CRI, TLCI, CQS, TM-30-15, CIE1931, CIE1976, IEC-SDCM.

Ogni Relio² è calibrato singolarmente e la luce emessa è certificata da una spettrofotometria eseguita sul singolo prodotto.

Per gli utilizzi più tecnici o più critici, viene fornita la spettrometria in formato RAW, ad esempio per calcolare matematicamente - e non empiricamente - il bilanciamento del bianco.

A seguire, le principali specifiche tecniche della versione 4000K:

- CCT: 4000K
- CRI (Ra): 95
- CRI (Re): 92
- TLCI: 96
- CQS: 94
- TM-30-15: 91
- CIE1931: 98
- CIE1976: $x = 0.2235$, $y = 0.5023$
- IEC-SDCM: 1 SDCM (1-step MacAdam Ellipse)
- Lux: >40000 lux @ 0.25m (with 10° optic installed)
- PPF (400-700nm): 625.44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (with 10° optic installed)

Questi valori sono ricavati da una media di misurazione di 10 esemplari provenienti da medesimo lotto di produzione.

La strumentazione utilizzata consiste in una camera oscura (black matte-box) e uno spettrofotometro professionale calibrato (Asensetek Lightning Passport Pro, con le seguenti tolleranze: wavelength: ± 0.5 nm, x,y: ± 0.002 @1000lux, illuminance: $\pm 3\%$, CCT: $\pm 2\%$).

A vantaggio della durata nel tempo, la sorgente luminosa di Relio² è aggiornabile: ogni anno lo stato dell'arte delle sorgenti a LED avanza, e ogni Relio² potrà essere aggiornato all'ultima revisione dell'emettitore LED.

III. ASPETTO 2: LE OTTICHE DI COLLIMAZIONE

La classica collimazione a parabola aperta non è adatta ove sia necessario garantire una resa cromatica costante lungo tutta l'apertura della lente. Questa tipologia di ottica, infatti, si limita a concentrare lungo il suo asse la luce emessa lateralmente dal LED (luce più calda), non collimando tutta la luce prodotta frontalmente dal LED (luce più fredda). Ciò produce uno spot centrale più caldo, e una corona periferica con tinta più fredda.

Le ottiche di collimazione usate da Relio² sono di tipo TIR (Total Internal Reflection). La peculiarità di queste ottiche è, come dice il nome stesso, la capacità di raccogliere e collimare la totalità della luce emessa dal LED nell'arco dei 180°.

Al di sopra della parabola TIR principale, si è scelto di aggiungere un secondo stadio di collimazione formato da una moltitudine di lenti esagonali a nido d'ape, col fine di omogeneizzare ancor più la cromaticità del fascio emesso. Questa soluzione elimina qualsiasi spuria di collimazione, inclusa eventuali tracce di aberrazioni cromatiche.

A supporto della versatilità d'uso, in ogni kit Relio² sono incluse 5 lenti TIR con aperture focali diverse, a partire dai 10° nominali fino ai 90° nominali. Le lenti sono sostituibili a piacimento dall'utilizzatore.

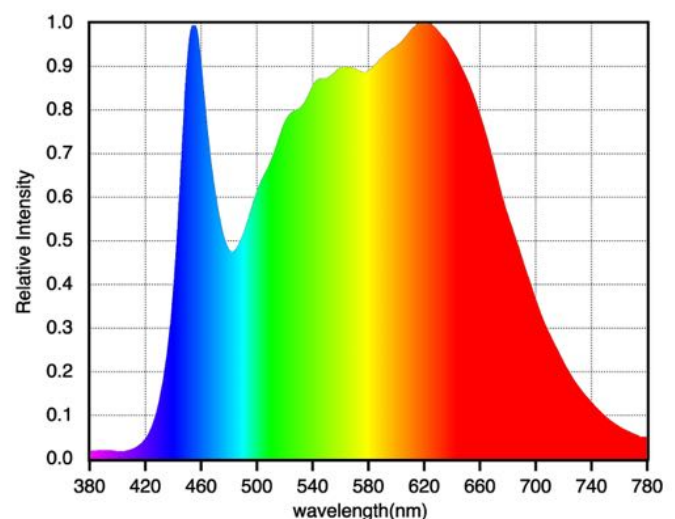
La goniometria delle lenti è certificata da analisi di laboratorio eseguite con ausilio di spettrogoniofotometro professionale.

La scelta di usare ottiche intercambiabili al posto che usare dei modificatori di fascio (es. lenti fresnel addizionali, sportellini, otturatori) è giustificata dalla modesta potenza del fascio emesso da Relio² (e dal conseguente ridottissimo calore emesso): impiegando ottiche su misura, non viene persa ulteriore efficienza.

La luminanza ottenibile con lente di collimazione a 10° supera i 40000 lux @ 0.25m.

IV. ASPETTO 3: LE MECCANICHE DI ALLOGGIAMENTO

Relio² si articola sul concetto di modularità: molteplici sono le conformazioni ottenibili, sia in termini di sorgenti luminose



Graph 1. Spettrometria di Relio² 4000K. Da notare l'ampia banda nella zona dei 620-640nm, uno dei fattori che determinano alta resa cromatica.

sia in termini di ancoraggio a differenti superfici.

Il cuore di questa modularità è costituito dalla base di ancoraggio, magnetica e adibita altresì a poggiare saldamente su piani orizzontali e verticali senza scivolare.

I magneti in neodimio sono collocati all'interno di gomini antiscivolo costituiti da schiuma espansa a celle chiuse incompressibili.

Mentre i magneti contrastano le forze di trazione, la schiuma espansa contrasta le forze di taglio, permettendo montaggi in sicurezza sia orizzontali che verticali.

La forza complessiva dei magneti di ciascuna base è di 9,32 kgf.

V. ASPETTO 4: L'ELETTRONICA DI ALIMENTAZIONE

Relio² ha l'elettronica di alimentazione e pilotaggio completamente integrata.

Riteniamo che essa rappresenti lo stato dell'arte attuale per i seguenti motivi:

A. Basso voltaggio:

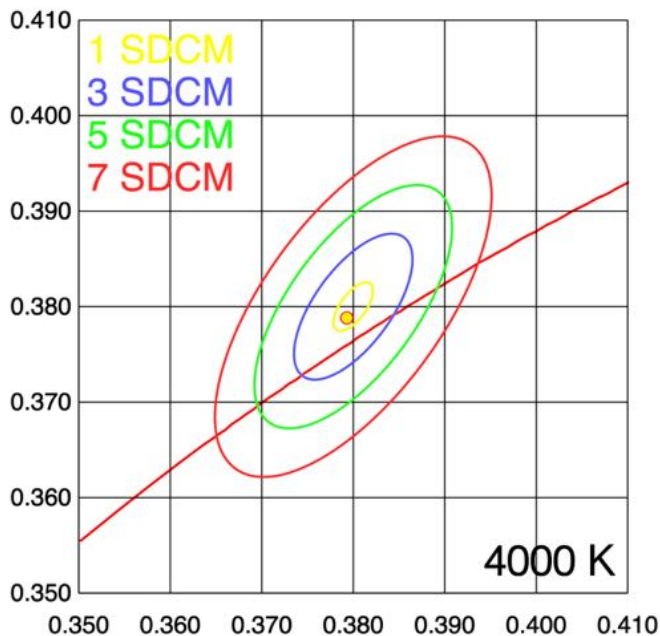
Alimentabile da 5 a 12 volt, tramite connettore micro-USB oppure connettore magnetico anti-strappo e reversibile.

Il funzionamento a basso voltaggio permette un uso sicuro, anche in presenza di umidità, luoghi pubblici, luoghi ad alto rischio di incendio, nelle vicinanze di oggetti antichi e di valore.

Lo standard USB, inoltre, è presente in tutto il mondo.

B. Assenza di batteria integrata:

La presenza di una sorgente di alimentazione interna diminuisce drasticamente la vita utile di un prodotto.



Graph 2. Il posizionamento dello spettro cade nel primo step MacAdam, esattamente sul locus planckiano

Nel caso si utilizzino batterie con tecnologia al litio (Li-Co, Li-Mn), il rischio di reazione catastrofica esotermica è da tenere in considerazione.

L'assenza di batteria integrata permette un uso sicuro, anche in presenza di umidità, luoghi pubblici, luoghi ad alto rischio di incendio, nelle vicinanze di oggetti antichi e di valore.

Se è richiesto l'utilizzo off-grid, può essere utilizzato un power bank per ricarica di cellulari o un comune alimentatore 12V DC.

Il consumo di Relio² alla massima luminosità è di 5 Wh.

C. Robustezza:

Abbiamo progettato lo stato dell'arte dei circuiti di protezione da sovraccarico e cortocircuito. Un circuito a semiconduttori modellato come diodo quasi-ideale (<2% di inefficienza) si occupa di proteggere Relio² da inversioni di polarità, alimentazioni fuori range (60V max), collegamenti involontari e correnti alternate, sbalzi di tensione, scariche elettrostatiche e fulmini fino a 20 kV.

Allo stesso modo sono protetti anche gli ingressi logici a 3.3V e 5V.

D. Altissima efficienza:

L'elettronica di Relio² ha un'efficienza superiore al 95%.

E. Ultra-Flicker-free:

Le elettroniche tradizionali di pilotaggio dei LED in controllo di corrente generano ripple armonico. Relio² utilizza un driver buck sincrono ad altissima frequenza (750 kHz) che riduce il ripple a meno del 2% @ 750.000Hz. Ciò rende omogenea la luce emessa anche quando si effettuano riprese professionali in ultra-slow-motion fino a 10000 fotogrammi al secondo.

F. Controllo della luminosità in corrente costante:

Le elettroniche di regolazione della luminosità dei LED utilizzano tradizionalmente una regolazione a onda quadra (PWM, pulse-width modulation), che rende disomogenea la curva di luminosità e provoca rapidissimi cicli di accensione e spegnimento della luce emessa.

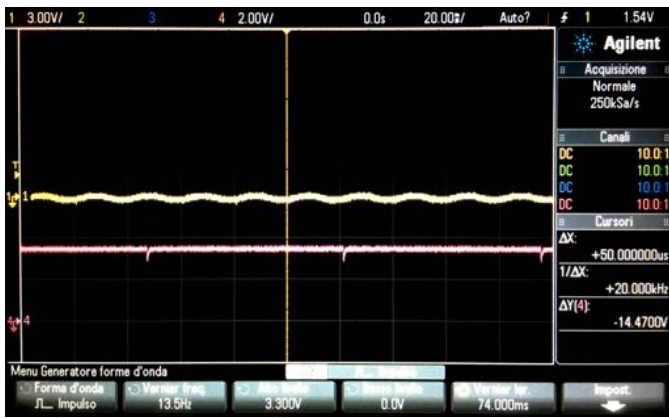
Anche in questo caso, le oscillazioni vengono riprese dalle videocamera e possono generare fenomeni di battimento armonico. Relio² controlla in corrente variabile la luminosità del suo LED, per l'intero range di luminosità.

Il risultato è addirittura migliore di quello ottenibile dimmerando una lampada a incandescenza con i dimmer a taglio d'onda.

G. Curva di luminosità scotopica:

L'occhio umano non risponde linearmente a incrementi e decrementi della luminosità, a causa della non-linearità delle diverse strutture interne all'occhio adibite alla percezione di colore e luminosità.

Abbiamo studiato e implementato una matrice linearizzante basata sulla curve scotopiche CIE-1931 che uniforma la transizione della luce di Relio² dal massimo al minimo. Il risultato è una regolazione lineare appagante all'occhio umano, soprattutto negli step di bassa luminosità.



Graph 3. Light ripple al 98% di luminosità

H. Microprocessore integrato:

L'elettronica di Relio² alloggia un minuscolo (5mmx5mmx1mm) ARM[®] Cortex M0 a 32 bit e 40MHz, con Bluetooth LE integrato e antenna patch integrata. La presenza di un microprocessore permette tutte le funzioni di regolazione della luminosità fino ad ora elencate. Il microprocessore è completamente riprogrammabile.

VI. ASPETTO 5: CONTROLLO WIRED E WIRELESS

Relio² permette il controllo della luminosità in due modi: tramite Bluetooth[®] senza fili, oppure tramite collegamento a uscite logiche digitali PWM @ 20Khz (es. Arduino, Raspberry PI, Siemens PLC).

Il Bluetooth LE permette un controllo senza fili fino a 5 metri di distanza, tramite App dedicata su cellulare iOS e Android oppure mediante la scrittura di codice di controllo personalizzato su HTML in Google Chrome (tramite WebBLE APIs pubbliche).

Tra le varie funzioni speciali, si cita:

- una "modalità sicura" per utilizzo in luoghi pubblici o museali, che disattiva la radio Bluetooth dopo 15 minuti di inattività;
- una modalità "stroboscopica" per esperimenti scientifici o per effettuare animazioni grafiche analogiche in stile prassinoscopico.

Nel caso si volesse comandare una moltitudine di Relio² in sequenza o a distanze maggiori, è possibile tagliare il cavo USB e collegare il pin Data+ a un'uscita digitale a basso livello (3V <> 5V).

VII. ASPETTO 6: RISPETTO DEGLI STANDARD OPEN-SOURCE E DI MANUTENIBILITÀ

Tutti i componenti di Relio² soggetti a usura (viti, O-Ring, cavi USB) sono standard e reperibili nella grande distribuzione.

I componenti unici e proprietari sono realizzati in materiali durevoli: alluminio aerospaziale AL6082 con anodizzazione militare dura (H-A Typ.III), acciaio inossidabile nautico a bassissimo tenore di carbonio (AISI316L).

La filettatura di ancoraggio segue lo standard mondiale fotografico UNC 1/4-20.

L'accesso ai comandi Bluetooth per il controllo wireless di Relio² è documentato e rilasciato al pubblico (profili GAP, GATT e relativi registri BLE).

I parametri di alimentazione e interfacciamento via cavo sono documentati e rilasciati al pubblico.

I file di acquisizione spettrometrica per la caratterizzazione della luce emessa sono rilasciati in Open-Source esattamente come acquisiti dalle nostre strumentazioni di laboratorio interne.

VIII. ASPETTO 7: ACCESSORI 3D STAMPABILI IN TECNOLOGIA FDM[®]

Relio² dispone di accessori proprietari, distribuiti sotto forma di modelli tridimensionali .STL da stampare in 3D.

I modelli sono rilasciati in Open-Source con licenza Creative-Commons-CC, che permette a chiunque di creare, modificare e vendere nuovi accessori.

Viene altresì messo a disposizione il modello tridimensionale del socket di aggancio universale: su di esso è possibile modellare e ingegnerizzare ogni tipo di accessorio.

A titolo esemplificativo, vengono forniti in download gratuito i seguenti accessori: Barn Doors adapter, Bull's Eye adapter, Anti-Glare adapter, Diffusore lineare, Holder per filtro polarizzatore ruotabile, Adattatori per cavalletti e stativi fotografici con filettature standard UNC 1/4-20 e UNC 3/8-16.

IX. A CHI È RIVOLTO

Relio² è rivolto a chi lavora con la luce e necessita di una sorgente calibrata, certificata, affidabile, modulare ed estremamente durevole nel tempo.

X. COMPOSIZIONE DEL KIT

Relio² si articola su un "Base Kit" e un solo accessorio opzionale chiamato "Desk Kit".

A. Il Base Kit comprende:

- Una unità illuminante Relio²
- Una base magnetica e antiscivolo
- Un'asta corta
- Un'asta media
- Un sistema di aggancio a bullone e O-Rings
- 4 ottiche intercambiabili (10°, 25°, 60°, 10x70° nominali)
- Un cavo in nylon magnetico anti-strappo e anti-ingarbugliamento da 1.5 metri
- Un cavo in nylon anti-ingarbugliamento placcato oro da 3.0 di marca Anker
- Due chiavi esagonali per smontare completamente il Kit in ogni sua parte
- Card informative con link all'app per smartphone gratuita
- Una card di calibrazione cromatica
- Una dima per effettuare correttamente i fori per montaggio a muro
- 4 rondelle svasate ferromagnetiche per pratico montaggio su superfici non ferrose
- Manualistica di utilizzo

Scatola esterna, che svolge anche funzione di carry-box espositiva e protettiva



Fig. 2. Tutte le differenti lunghezze d'onda disponibili

B. Il Desk Kit comprende:

- 1 asta lunga
- 1 contrappeso in acciaio inox
- 1 sistema dado-bullone centrale maggiorato
- 1 ottica aggiuntiva (90° nominali)
- Manualistica di utilizzo
- Scatola esterna, che svolge anche funzione di carry-box espositiva e protettiva

XI. VARIANTI PER UTILIZZI SPECIFICI

Vi è la possibilità di ordinare, su richiesta, kit di Relio² con spettrometria personalizzata: 4000K (equipaggiamento standard), 3500K, 5700K, Deep Red 660nm, Emerald Green 520nm, Phosphor-converted Cyan 470nm, Royal Blue 450nm, Pure Yellow 590nm, IR 850 and 1050nm, Wideband IR 850~1050nm, UV 395nm, UV 360nm.

XII. SPECIFICHE TECNICHE:

- CPU: ARM Cortex M0 32bit 40MHz with Bluetooth® BLE 4.2
- Available wavelengths: 3500K, 4000K, 5700K, 660nm, 590nm, 520nm, 470nm, 450nm, 850nm, 1050nm, full-spectrum IR850<>1050nm, 360nm, 395nm.
- Certification standards: CE, FCC, RoHS, Bluetooth SIG, CRI, TLCI, CQS, TM-30-15, CIE1931, CIE1976, IEC-SDCM.
- 4000K specs:
 - CCT: 4000K
 - CRI (Ra): 95
 - CRI (Re): 92
 - TLCI: 96
 - CQS: 94
 - TM-30-15: 91
 - CIE1931: 98
 - CIE1976: $x = 0.2235$, $y = 0.5023$
 - IEC-SDCM: 1 SDCM (1-step MacAdam Ellipse)
 - Lux: >40000 lux @ 0.25m (with 10° optic installed)
 - PPFD (400-700nm): 625.44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (with 10° optic installed)
- Calibrated with Asensetek Lightning Passport Pro:
 - Wavelength: $\pm 0.5\text{nm}$
 - X,Y: ± 0.002 @1000lux
 - Lux: $\pm 3\%$

- CCT: $\pm 2\%$
- LED is upgradeable in the future: YES
- Optics type: TIR + Honeycomb
- Optics aperture (nominal): 10°, 25°, 60°, 90°, 10x70°
- Magnets attraction force: 9.32kgf (2.33kgf each)
- Magnets are removable: YES
- Power supply:
 - Operational: +4~+15V DC
 - Continuous protection: $\pm 25\text{V}$
 - Transient protection (0.1s): $\pm 60\text{V}$
 - Overshoot protection (10ms): 20kV
- Logic level input:
 - Operational: +3V3~+5V DC
 - Continuous protection: $\pm 25\text{V}$
 - Transient protection (0.1s): $\pm 60\text{V}$
 - Overshoot protection (10ms): 20kV
- Power consumption: 5Wh (at 100% brightness)
- Integrated battery: NO
- LED light ripple at full range of brightness: <2% @ 750kHz
- Total electrical efficiency: >90%
- Flicker-free up to: 10000fps
- Light control: Pure current (No PWM modulation)
- External, logic-level brightness control: PWM @ 20kHz
- Bluetooth App: iOS, Android, PC Chrome Web Browser (coming soon)
- Bluetooth range: up to 5m inside, up to 10m outside
- Brightness dimming curve: proprietary, inspired by CIE1931 scotopic curve
- Integrated thread: standard UNC 1/4-20, 7mm length
- Bluetooth API is public: YES
- Published 3D accessories license: Creative-Commons-CC
- Engineering and manufacturing: ITALY



Fig. 3. Alcune delle combinazioni modulari che Relio² può assumere

Disclaimer: Relio e tutte le sue affiliate si riservano il diritto di apportare modifiche all'aspetto e alle caratteristiche tecniche dei propri prodotti e dei propri processi senza preavviso alcuno.