



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO
SCUOLA DI ARCHITETTURA E DESIGN "E. VITTORIA"

CORSO DI LAUREA IN

Design Computazionale

TITOLO DELLA TESI

La sicurezza in bicicletta

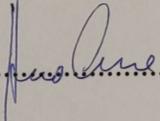
Segnalatore intuitivo di direzione per biciclette

.....

.....

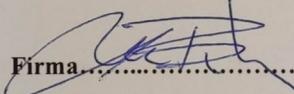
Laureando/a

Nome... Stefano Mura

Firma... 

Relatore

Nome... Prof. Arch. Luca Bradini

Firma... 

ANNO ACCADEMICO..... 2021/2022





S A A D
Scuola di Ateneo

Architettura e Design
Eduardo Vittoria
Università di Camerino

La sicurezza in bicicletta: Segnalatore intuitivo di direzione per biciclette

CDLM in Design Computazionale

A.A.2021–2022

Relatore: Prof. Arch. Luca Bradini

Correlatore: Prof. Francesco Pezzuoli

Studente: [Stefano Mura](#)





This museum-inspired bicycle garage pushes the boundaries of urban mobility! ¹

1 - Immagine da <https://www.yankodesign.com/>

Indice

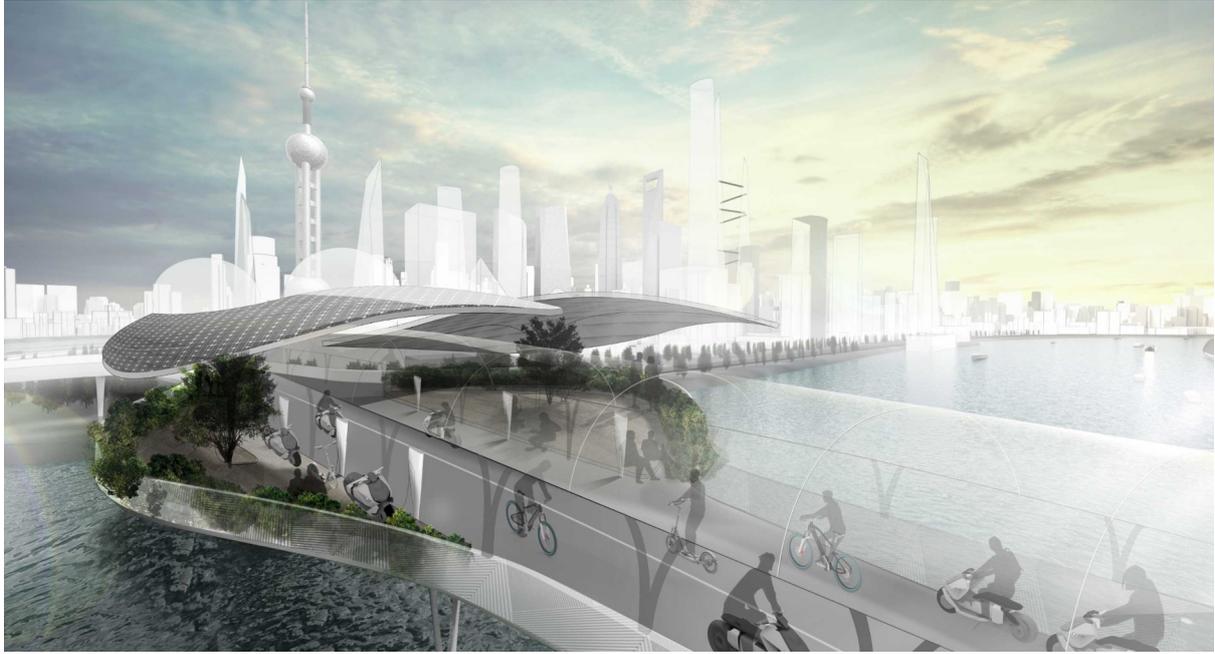
0. Abstract.....	11
1. Introduzione.....	13
1.1. Contesto di riferimento.....	14
1.2. La mobilità urbana post COVID-19.....	16
Le tendenze.....	16
I dati riguardanti il mercato.....	17
1.3. Le criticità.....	19
I dati riguardanti la sicurezza.....	19
Il trend.....	20
L'età media.....	21
I luoghi di pericolo.....	22
La distribuzione nelle fasce orarie.....	24
L'illuminazione.....	26
Eventi scatenanti.....	27
L'approccio opendata.....	28
1.4. La cospicuità.....	30
1.5 Le regole esistenti.....	31
Dispositivi di illuminazione.....	31
Distanza di sicurezza.....	32
Cambiamento di direzione o di corsia o altre manovre.....	32
2. La sicurezza notturna agli incroci stradali.....	35
2.1. Prototipi e stato dell'arte del mercato.....	36
2.2. Analisi critica dello stato dell'arte.....	44
3. Conclusioni.....	47
3.1. Tesi e ipotesi.....	47
3.2. Obiettivi.....	47
4. Caso studio.....	49

4.1. Descrizione.....	49
4.2. Requisiti progettuali.....	50
4.3. Analisi e sviluppo dei requisiti.....	51
4.5 Algoritmo di interazione.....	54
4.6. Il riconoscimento delle gestur e l'intelligenza artificiale.....	56
4.7. Valutazione energetica.....	57
5 Proposta di progetto.....	61
5.1. Progetti di riferimento.....	61
5.2 Progetto.....	63
Il Sistema ottico di riconoscimento.....	63
5.3 Studio di prefattibilità.....	66
Capacità computazionale.....	66
Posizionamento del soggetto.....	67
5.4 Il dispositivo.....	71
Riferimenti di ingombro.....	74
Riferimenti dimensionali.....	77
5.5 Componenti.....	78
Corpo centrale.....	78
Chiusura di sicurezza.....	80
Luci posteriori.....	81
Bacchette.....	84
Sistema di blocco delle posizioni.....	87
Frecce.....	90
5.6 Render.....	94
6 Analisi dell'interazione.....	97
Accensione.....	97
Segnalare la svolta.....	98
Spegnimento.....	100
7 Prototipo.....	103



7.1 Hardware.....	103
7.2 Software.....	105
Codice sorgente.....	109
.....	114
7.3 Schematici.....	115
7.4 High level diagram.....	116
7.5 Realizzazione.....	117
8 Conclusioni.....	123
Bibliografia e sitografia.....	125
Bibliografia:.....	125
Sitografia.....	125





Innovative urban mobility concepts for the future ²



0. Abstract

Scopo della ricerca è l'analisi del contesto e degli scenari riguardanti la mobilità urbana in bicicletta con un approccio data-driven, al fine di individuare le eventuali criticità e permettere lo studio di una proposta innovativa al fine di aumentarne la fruibilità.

Il caso studio prevede la progettazione di un segnalatore di direzione intuitivo che segue i movimenti naturali del ciclista nel momento della svolta.





1. Introduzione

Il bisogno della mobilità: Il piacere di una passeggiata nel centro storico di una vecchia città (o semplicemente della propria) o quello di raggiungere un rifugio o una vetta attraverso un sentiero di montagna, oppure la semplice e banale passeggiata in riva al mare al tramonto d'estate sono esperienze condivise e naturali che ci indicano come il bisogno della mobilità non sia una soltanto un bisogno secondario legato ad altri bisogni fondamentali come ad esempio il bisogno della salute (mi muovo per stare meglio) o della fame (mi muovo per procurarmi del cibo) ma bensì sono semplici esempi di evidenza sperimentale della natura primaria di tale bisogno. ³

Come prova inversa basterebbe ricordare come la privazione della mobilità è stato nei secoli associato in maniera diffusa e generalizzata come la punizione quasi per eccellenza: la prigionia, i ceppi alle caviglie, e proprio in tali ambiti viene garantita la famosa "ora d'aria" come quantitativo minimo di movimento per non rendere la prigionia umanamente insopportabile.

Che il concetto di mobilità sia una caratteristica quasi "genetica" dell'uomo si può facilmente poi associare alle preistoriche migrazioni che hanno portato la specie umana ad abitare praticamente ogni latitudine del globo, a volte lasciando regioni più fertili e abitabili per situazioni decisamente più inospitali.

E della voglia di mobilità dell'uomo si stupivano persino i padri della filosofia quando ad esempio Sofocle⁴ enunciava che "Molte sono le meraviglie ma nulla è più portentoso dell'uomo. Egli attraverso il mare biancheggiante, sfidando il tempestoso Noto, si spinge, passando sotto i marosi che gli spalancano intorno abissi..."



3 - Vedi: "Mobilità e trasporto per le strade del nostro futuro" PASQUALE COLONNA (Dipartimento di Strade e Trasporti Politecnico di Bari, 2009)

4 - C. Sbarbaro, Sofocle, Antigone, Bompiani, Milano 1943

1.1. Contesto di riferimento

Il **PNR 2020-2027** include la Mobilità sostenibile tra i grandi ambiti di ricerca e innovazione, e tra le relative aree di intervento ed articolazioni prevede:

- 1) Sistemi di supporto all'analisi e al governo della mobilità
- 2) Infrastrutture e terminali per la mobilità eco-compatibili, efficienti, sicure e resilienti
- 3) Servizi di mobilità e trasporto
- 4) Reti e veicoli green e clean
- 5) Mobilità automatizzata, connessa e sicura



La **Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI)**⁵ individua invece le priorità di investimento di lungo periodo condivise con i principali stakeholder, assicurando la complementarità tra le azioni previste a livello centrale e quelle a livello territoriale, così da ridurre i rischi di duplicazione o di sovrapposizione e rafforzarne l'impatto. L'obiettivo è creare nuove catene del valore che, partendo dalla ricerca e sviluppo, arrivino fino alla generazione di prodotti e servizi innovativi e allo sviluppo delle tecnologie abilitanti (key enabling technologies) per la realizzazione delle successive generazioni di prodotti per far crescere la ricchezza, migliorare la sua distribuzione e scommettere sulla possibilità di nuovi posti di lavoro che possano durare nel tempo.

Nell'area tematica denominata "Agenda Digitale, Smart Communities, Sistemi di mobilità intelligente" sono previste le seguenti "Traiettorie di sviluppo":

1. Sistemi di mobilità urbana intelligente per la logistica e le persone
2. Sistemi per la sicurezza dell'ambiente urbano, il monitoraggio ambientale e la prevenzione di eventi critici o di rischio
3. Sistemi elettronici "embedded", reti di sensori intelligenti, internet of things
4. Tecnologie per smart building, efficientamento energetico, sostenibilità ambientale
5. Tecnologie per la diffusione della connessione a Banda Ultra Larga e della web economy

5 - Vedi: <https://www.agenziacoesione.gov.it/s3-smart-specialisation-strategy/>

Anche l'UNECE (agenzia ONU) nel suo documento **"A Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning"**⁶ sviluppato nel quadro del Programma paneuropeo per i trasporti, la salute e l'ambiente (THE PEP), include casi di studio e buone pratiche di varie città, che affrontano temi quali: la pianificazione del trasporto pubblico; la pianificazione del territorio a sostegno della mobilità urbana sostenibile e dell'accessibilità; la mobilità attiva e suo contributo agli obiettivi di salute e ambiente; il potenziare i sistemi di trasporto intelligenti.

Il manuale evidenzia i principi del cosiddetto approccio ASI, da "Avoid" (evitare), "Shift" (spostare) e "Improve" (migliorare) e cioè:

- Evitare la necessità di trasporto: promuovere l'accessibilità, non la mobilità, pianificando città più compatte, con presenza di servizi di prossimità;
- Spostarsi verso altre modalità di trasporto: passare all'utilizzo di modalità di trasporto più sostenibili per l'uomo e per l'ambiente (ad esempio sviluppare la mobilità ciclistica e pedonale e le relative infrastrutture, realizzandole in modo da aumentare la sicurezza degli utenti, in modo da alleviare significativamente il carico dalla rete stradale);
- Migliorare i mezzi di trasporto: migliorare tecnologicamente i mezzi di trasporto in modo che siano energeticamente efficienti e a basse emissioni inquinanti.

Nel manuale molti sono i riferimenti alla bicicletta e alle azioni che possono promuoverne l'utilizzo, anche alternativo alle vetture private, come realizzazione di cicloparcheggi, percorsi ciclabili sicuri, ecc.. Tra i casi studio viene, inoltre, evidenziato come, nei Paesi Bassi, investimenti annuali per la mobilità ciclistica di 400-600 milioni di euro portano a risparmi di oltre 18 miliardi di euro all'anno solo nel settore della sanità.

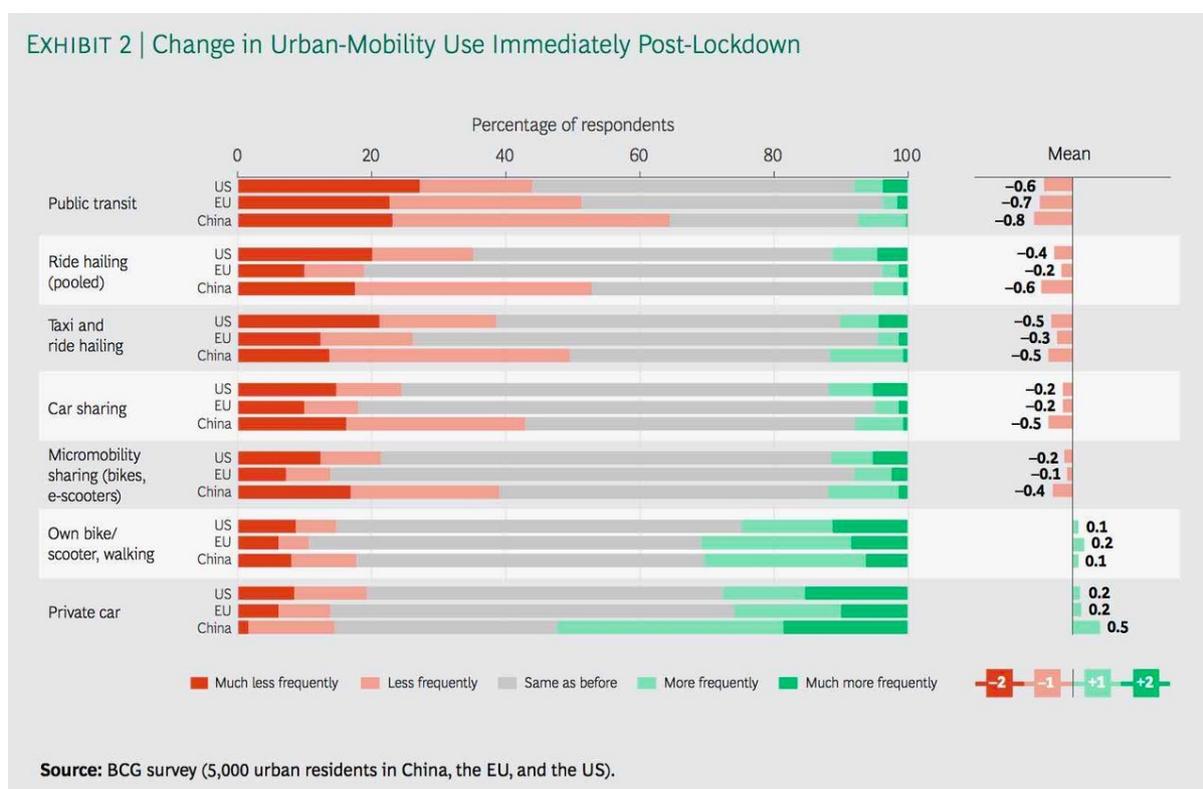


1.2. La mobilità urbana post COVID-19

Le tendenze

Questi piani e strategie sono stati accelerati e resi ancora più evidenti dall'emergenza COVID-19, che ha modificato rapidamente gli stili di vita attuali dovuti alla emergenza contingente e che probabilmente modificherà quelli futuri.

La ricerca **"How COVID-19 Will Shape Urban Mobility"**⁷ evidenzia che nel post lockdown, in Italia come in tutto il mondo è crollato l'utilizzo del trasporto pubblico e dei servizi di sharing o flessibili, mentre è cresciuto l'uso dell'auto privata come mezzo principale, ma si è anche diffusa l'abitudine di spostarsi in bicicletta, monopattino o a piedi.



Dopo il lockdown infatti, il 37% degli italiani dichiara che utilizzerà molto meno di prima i mezzi pubblici, preferendo piuttosto la propria auto, la bici o le camminate⁸. Tuttavia, nel medio termine il mezzo che vince è la bicicletta: nei prossimi 12-18 mesi, complici forse anche i recenti incentivi all'acquisto, un quarto dei residenti in Italia userà più che in passato le due ruote per spostarsi in città (al primo posto insieme a Paesi come la Germania).

Anche le amministrazioni cittadine hanno colto il cambiamento. Dopo il primo lockdown di aprile 2020, le autorità di Milano hanno colto il momento per portare avanti un'espansione sperimentale in tutta la città di piste ciclabili e zone pedonali - nell'ambito di un piano di

7 - Vedi: [How COVID-19 Will Shape Urban Mobility](#) By Julien Bert, Daniel Schellong, Markus Hagenmaier, David Hornstein, Augustin K. Wegscheider, and Thomas Palme, 2020

8 - Commento ai dati della ricerca su:

<https://www.adnkronos.com/sostenibilita/tendenze/2020/08/25/mobilita-post-covid-italia-meno-autobus-piu-bici.html>

mobilità chiamato Strade Aperte⁹ che mira a adattare le infrastrutture cittadine per trovare spazio per le nuove abitudini di distanziamento sociale man mano che la vita urbana viene riaperta. Il piano Strade Aperte include l'abbassamento del limite di velocità a 30 km / h sulla maggior parte delle strade di Milano (sostituendo l'attuale di 50 km/h), tramite segnaletica e incorporando alcuni elementi strutturali per il controllo della velocità; e aggiungendo 35 km alla sua rete ciclabile esistente prima della fine del 2020. La città ha lanciato il suo programma di noleggio di biciclette ancorate, BikeMI, nel 2008. Milano sta cercando di rilanciare il ciclismo dopo il blocco espandendo la sua rete di piste ciclabili "Come prevede la Strategia di adattamento Milano 2020, l'attuale crisi sanitaria può essere un'opportunità per decidere di dare più spazio alle persone e migliorare le condizioni ambientali in città, aumentando mezzi di trasporto più sostenibili e non inquinanti e ridefinendo l'uso di strade e spazi pubblici per scopi commerciali, ricreativi, culturali e sportivi, nel rispetto dei requisiti di distanza fisica", scrivono le autorità cittadine in un promemoria sul piano¹⁰.

I dati riguardanti il mercato

La voglia di una mobilità più libera, green e salutare sta conquistando gli italiani. Basta osservare gli ultimi dati dell'Ancma, l'Associazione nazionale ciclo motociclo e accessori di Confindustria per comprendere che è esplosa una nuova passione per le due ruote a pedali. Il mercato delle biciclette ha infatti fatto segnare una forte impennata (pari al 60%) appena terminato il periodo del primo lockdown 2020, il che corrisponde a circa duecentomila unità in più vendute solo a maggio rispetto allo stesso mese dell'anno precedente, per poi mantenersi su livelli molto positivi. Un andamento nei comportamenti sottolineato anche da una ricerca condotta da Swg, che evidenzia la crescente propensione degli italiani ad utilizzare mezzi individuali, in particolare bici e monopattini, per i loro spostamenti in città.

"Nel 2020 la vendita di bici in Italia potrebbe superare i due milioni attestandosi a 2 milioni e 50mila pezzi venduti - ha dichiarato Piero Nigrelli responsabile settore bici dell'Anca - quasi 350mila bici in più del 2019 con un incremento fino al venti per cento. Abbiamo riscontrato un grandissimo aumento nei mesi post-lockdown, adesso assistiamo ancora a una domanda che continua a tenere". Il momento positivo che le due ruote a pedali stanno vivendo è confermato anche dal buon andamento dei dati relativi alla produzione: "Il bimestre giugno-luglio 2020 fa segnare un aumento della produzione del 20,2 per cento rispetto allo stesso bimestre del 2019 - ha concluso Nigrelli - in forte controtendenza rispetto al calo tendenziale del 10 per cento della media del manifatturiero".^{11 12}

I dati comunque confermano un trend crescente già presente negli scorsi anni. Nella figura seguente¹³ si nota come i dati del 2019 erano già migliori di quelli del 2018.

9 - Vedi [Comune di Milano "Open Streets" 2020](#)

10 - Vedi <https://techcrunch.com/2020/11/20/how-four-european-cities-are-embracing-micromobility-to-drive-out-cars>

11 - Vedi: https://www.repubblica.it/motori/sezioni/attualita/2020/09/17/news/il_mercato_delle_biciclette_verso_nuovi_record

12 - Vedi: <https://www.moto.it/elettrico/mercato-bici-2020-sfondato-il-tetto-del-2-milioni.html>

13 - Fonte: <http://www.ancma.it/media/2179/dati-di-mercato-2019.pdf>

Dati Mercato Bici 2019

Vendita di Biciclette	2019:	1.518.000	+ 7 %	2018:	1.422.000
Vendita di E-Bike	2019:	195.000	+ 13 %	2018:	173.000
Vendite Totali:	2019:	1.713.000	+ 7 %	2018:	1.595.000
Produzione di biciclette:	2019:	2.625.000	+ 7 %	2018:	2.445.000
Export di Biciclette	2019:	1.576.000	+ 16 %	2018:	1.363.000
Import di biciclette	2019:	469.000	+ 38 %	2018:	340.000
Produzione E-Bike	2019:	213.000	+ 209 %	2018:	102.000
Export di E-Bike	2019:	90.000	+ 1 %	2018:	89.000
Import di E-Bike	2019:	72.000	- 55 %	2018:	160.000
Import/Export (in Milioni di euro)					
Export di parti di biciclette	2019:	358	+ 3 %	2018:	346
Import di parti di biciclette	2019:	381	+ 18 %	2018:	323
Export di biciclette	2019:	217	+ 19 %	2018:	183
Import di biciclette	2019:	135	+ 23 %	2018:	110
Export di E-Bike	2019:	58	+ 38 %	2018:	42
Import di E-Bike	2019:	81	- 11 %	2018:	91
Bilancia Commerciale Settore Ciclo	2019:	36	- 23 %	2018:	47



CONFINDUSTRIA ANCI ANCM

Associazione Nazionale Ciclo Motociclo e Accessori - Via Antonio Da Recanate 1, 20124 Milano

Figura 1: Dati di mercato. Fonte: ANCI



1.3. Le criticità

Nel 2014 i giornali britannici pubblicarono alcuni dati relativi all'uso della bicicletta in Inghilterra e nel Galles, raccolti nel censimento del 2011 e resi noti a distanza di quasi tre anni. I dati mostravano che a distanza dall'ultimo censimento – organizzato nel 2001 – la percentuale delle persone che raggiungono il proprio posto di lavoro in bicicletta è rimasta sostanzialmente la stessa: circa il 2,8 per cento del totale dei lavoratori (cioè, nel 2011, circa 741 mila persone).

Il Guardian, a margine della pubblicazione di questi dati, ha chiesto ai propri lettori di raccontare al giornale le principali ragioni che ancora oggi rendono complicato usare la bici per andare al lavoro. Il Guardian ha messo insieme le dieci difficoltà segnalate più di frequente dai propri lettori.

Ai primi 4 posti ci sono sostanzialmente timori legati alla pericolosità dell'uso delle biciclette¹⁴¹⁵

Un analogo sondaggio svolto a Roma nel 2016 ha evidenziato ad esempio che più della metà degli intervistati cambierebbe mezzo di trasporto e passerebbe alla bici, ma a patto di avere infrastrutture ciclabili più sicure (ha risposto così il 43%) e meno traffico (13%).¹⁶

I dati riguardanti la sicurezza

E' importante a questo punto capire se le paure dei cittadini sono supportate e giustificate dai dati.

Il documento della commissione Europea "Traffic Safety Basic Facts 2018"¹⁷ riassume le caratteristiche note dei ciclisti deceduti in incidenti stradali. I decessi in bicicletta rappresentano l'8% del numero totale di vittime di incidenti stradali nel 2016 nei paesi dell'UE. In questi paesi, 2.015 persone in sella a biciclette sono morte in incidenti stradali nel 2016 (escluse Lituania e Slovacchia).

Il documento è stato in parte aggiornato nel 2022¹⁸.

I dati dei capitoli seguenti sono tutti tratti dal medesimo documento e dai successivi aggiornamenti.

14 - Vedi: <https://www.ilpost.it/2014/03/31/bicicletta-ciclisti-citta/>

15 - Vedi: <https://www.theguardian.com/politics/2014/mar/31/10-things-that-put-people-off-cycling>

16 - Vedi: [1° RAPPORTO SULL'ECONOMIA DELLA BICI IN ITALIA E SULLA CICLABILITÀ NELLE CITTÀ](#) Legambiente, 2017

17 - Vedi: [Traffic Safety Basic Facts 2018](#) European Road Safety Observatory, 2018

18 - Vedi: https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/data-and-analysis_en

Il trend

Figure 2: Number of cyclist fatalities and percentage of all road fatalities, EU, 2007-2016 or latest available year



Source: CARE database, data available in May 2018

La figura 2 riportata mostra che nonostante il trend indichi una riduzione del numero delle vittime, percentualmente gli incidenti in bicicletta sono aumentati rispetto al totale degli incidenti, segno che la riduzione è meno veloce rispetto agli altri mezzi di movimento (auto, moto, ecc).

Il dato potrebbe essere comunque anche un segnale del sempre maggior uso della bicicletta, come indicato dai dati di vendita.

L'età media

Un altro dato significativo è quello relativo all'età delle vittime, riportato nella seguente figura:

Table 4: Total number and distribution of cyclist fatalities by country, age and gender, 2016 or latest available year

	0-14		15-17		18-24		25-49		50-64		65+		All ages		Total
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	
BE	3%	4%	0%	4%	1%	1%	4%	13%	7%	10%	16%	36%	31%	69%	71
BG	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
CZ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	8%	31%	6%	37%	13%	87%	53
DK	3%	0%	0%	3%	6%	3%	10%	6%	3%	16%	10%	39%	32%	68%	31
DE	1%	1%	1%	1%	1%	2%	4%	8%	7%	15%	14%	45%	28%	72%	393
EE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	46%	8%	8%	0%	23%	23%	77%	13
EL	0%	17%	0%	11%	6%	0%	0%	11%	6%	22%	6%	22%	17%	83%	18
ES	0%	1%	1%	1%	1%	3%	3%	27%	0%	28%	1%	31%	7%	93%	67
FR	1%	6%	0%	2%	2%	4%	2%	13%	5%	23%	6%	35%	17%	83%	162
HR	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	11%	30%	4%	48%	15%	85%	27
IT	0%	1%	0%	0%	1%	3%	0%	24%	3%	19%	7%	42%	12%	88%	275
CY	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
LV	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	17%	33%	0%	33%	33%	67%	7
LT	0%	5%	0%	0%	0%	0%	10%	14%	19%	14%	5%	33%	33%	67%	22
LU	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	1
HU	0%	0%	1%	0%	1%	5%	4%	10%	4%	40%	10%	25%	21%	79%	73
MT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	1
NL	4%	2%	0%	3%	6%	2%	1%	8%	7%	7%	20%	41%	38%	62%	101
AT	2%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	13%	15%	13%	13%	42%	29%	71%	48
PL	0%	5%	0%	2%	1%	3%	3%	14%	8%	23%	8%	33%	21%	79%	271
PT	0%	6%	0%	0%	0%	3%	3%	22%	3%	19%	6%	38%	13%	88%	33
RO	1%	2%	1%	2%	1%	1%	1%	25%	2%	28%	2%	34%	7%	93%	176
SI	0%	8%	0%	8%	8%	0%	0%	17%	0%	33%	0%	25%	8%	92%	12
SK	0%	4%	0%	4%	0%	4%	4%	23%	4%	27%	12%	19%	19%	85%	27
FI	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	4%	23%	27%	31%	35%	65%	26
SE	0%	5%	0%	0%	5%	9%	0%	9%	0%	23%	14%	36%	18%	82%	22
UK	0%	5%	0%	5%	0%	8%	6%	27%	5%	24%	3%	19%	13%	87%	105
EU	1%	3%	0%	2%	1%	3%	3%	16%	6%	21%	9%	36%	20%	80%	2.064
IS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
NO	8%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	25%	0%	42%	8%	92%	12
CH	6%	3%	0%	3%	0%	0%	12%	12%	0%	30%	12%	21%	30%	70%	33

Source: CARE database, data available in May 2018

L'80% sono maschi e il 72% sono persone con più di 50 anni.

I luoghi di pericolo

In generale, il 58% delle vittime di ciclisti nei paesi dell'UE è stato ucciso all'interno delle aree urbane ma ci sono grandi differenze tra i paesi, come segue dalla figura 5. In Croazia e Romania il 78% e il 76% dei decessi di ciclisti si è verificato rispettivamente nelle aree urbane, mentre in Lettonia questa quota era solo del 26% (numeri bassi per Malta e Lussemburgo).

Figure 5: Distribution of cyclist fatalities by country and area type, 2016 or latest available year



Source: CARE database, data available in May 2018

Come mostrato nella tabella 5, il 28% delle vittime di ciclisti nei paesi dell'UE si è verificato agli incroci. La percentuale sale al 40% in Italia.

Table 5: Number of cyclist fatalities by country and “junction” and percentage of cyclist fatalities at junction by country, 2016 or latest available year

	Not at junction	At junction				% at junction	Total known
		Crossroad	Roundabout	T or staggered junction	Other		
BE	39	0	0	0	25	39%	64
BG	22	0	0	0	0	0%	22
CZ	35	6	1	11	0	34%	53
DK	11	6	0	10	4	65%	31
DE	213	0	0	0	0	0%	213
EE	0	0	0	0	0	0%	0
IE		0	2	3	0	100%	5
EL	18	0	0	0	0	0%	18
ES	49	6	2	8	2	27%	67
FR	119	16	8	11	8	27%	162
HR	16	4	0	7	0	41%	27
IT	164	49	21	41	0	40%	275
CY	0	0	0	0	0	0%	0
LV	7	0	0	0	0	0%	7
LT	20	0	0	0	0	0%	20
LU	1	0	0	0	0	0%	1
HU	50	15	1	7	0	32%	73
MT	1	0	0	0	0	0%	1
NL	51	45	3		0	48%	99
AT	28	12	0	3	5	42%	48
PL	205	0	4	0	62	24%	271
PT	21	4	2	5	1	36%	33
RO	142	34	0	0	0	19%	176
SI	10	0	0	0	1	9%	11
SK	17	3	1	5	0	35%	26
FI	15	0	0	0	0	0%	15
SE	11	7	1	0	3	50%	22
UK	63	10	5	22	5	40%	105
EU	1.328	217	51	133	116	28%	1.845
IS	0	0	0	0	0	0%	0
LI	-	-	-	-	-	-	-
NO	-	-	-	-	-	-	-
CH	0	2	0	11	0	100%	13

Source: CARE database, data available in May 2018

La distribuzione nelle fasce orarie

La tabella 6 mostra il numero totale e la distribuzione su sei periodi di quattro ore per ciascuno dei paesi dell'UE; tuttavia, non vi è una chiara tendenza nel tempo degli incidenti per i singoli paesi.

Table 6: Total number and distribution of cyclist fatalities by country and time of day, 2016 or latest available year

	0:00- 3:59	4:00- 7:59	8:00- 11:59	12:00- 15:59	16:00- 19:59	20:00- 23:59	Total
BE	1%	8%	24%	28%	28%	10%	71
BG	7%	7%	10%	21%	38%	17%	29
CZ	4%	21%	15%	25%	23%	11%	53
DK	0%	19%	39%	26%	10%	6%	31
DE	2%	7%	22%	32%	28%	9%	393
EE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
IE	0%	8%	15%	23%	31%	23%	13
EL	11%	6%	17%	11%	28%	28%	18
ES	4%	7%	34%	25%	21%	7%	67
FR	3%	5%	36%	22%	29%	4%	162
HR	0%	11%	22%	15%	30%	22%	27
IT	6%	3%	31%	25%	22%	13%	275
CY	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
LV	14%	0%	0%	14%	43%	29%	7
LT	0%	9%	14%	23%	55%	0%	22
LU	0%	0%	0%	0%	0%	100%	1
HU	0%	19%	26%	21%	22%	12%	73
MT	0%	0%	0%	100%	0%	0%	1
NL	4%	7%	23%	33%	27%	7%	101
AT	0%	8%	19%	31%	25%	17%	48
PL	1%	8%	24%	25%	33%	8%	271
PT	0%	15%	30%	18%	24%	12%	33
RO	1%	9%	18%	20%	32%	20%	176
SI	0%	8%	17%	33%	17%	25%	12
SK	4%	15%	22%	22%	30%	7%	27
FI	12%	19%	27%	27%	12%	4%	26
SE	5%	14%	23%	23%	18%	18%	22
UK	6%	13%	20%	27%	22%	12%	105
EU	3%	9%	25%	26%	27%	11%	2.064
IS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
NO	-	-	-	-	-	-	-
CH	25%	8%	17%	25%	8%	17%	12

Source: CARE database, data available in May 2018

Alcune differenze potrebbero essere dovute a diversi modelli di ciclismo giornalieri dovuti alle condizioni climatiche. **Complessivamente nell'UE la maggior parte dei decessi di ciclisti si è verificata nel periodo 12: 00-16: 00 (26%) e nel periodo 16: 00-20: 00 (27%).**

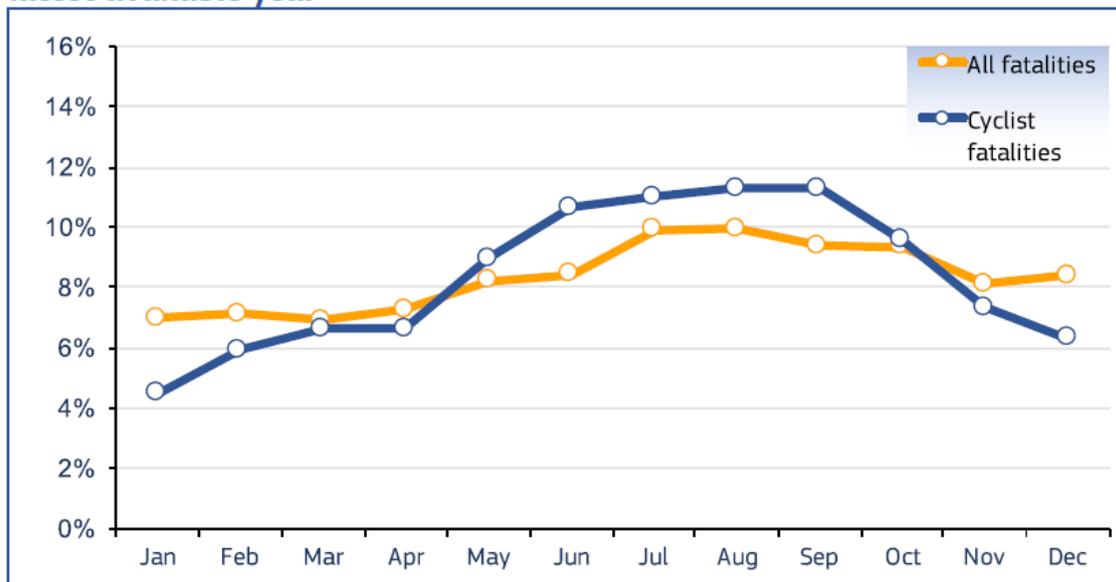
Tendenzialmente si tratta quindi di orari in cui la visibilità (almeno in europa del nord) invernale risulta scarsa.

Riguardo la distribuzione delle vittime di ciclisti per paese e giorno della settimana nel 2016,

le percentuali dell'UE sono quasi le stesse per tutti giorni della settimana.

I dati inoltre mostrano che non vi è una chiara tendenza di stagionalità nell'incidenza di vittime di ciclisti tra i singoli paesi. Il picco per i paesi dell'UE si è verificato da maggio a settembre (11% delle vittime di ciclisti) e il minor numero di vittime si è verificato a gennaio (4% delle vittime di ciclisti).

Figure 8: Distribution of total and cyclist fatalities by month, EU, 2016 or latest available year



Source: CARE database, data available in May 2018

L'illuminazione

Table 9: Number of cyclist fatalities by country and lighting condition and percentage of cyclist fatalities in darkness or twilight by country, 2016 or latest available year

	Darkness	Daylight	Twilight	Total known	Total	% dark or twilight
BE	10	58	1	69	71	16%
BG	10	19	0	29	29	34%
CZ	11	38	4	53	53	28%
DK	5	25	0	30	31	17%
DE	61	313	19	393	393	20%
EE	0	0	0	0	0	0%
IE	2	11	0	13	13	15%
EL	8	9	1	18	18	50%
ES	10	53	4	67	67	21%
FR	21	137	4	162	162	15%
HR	11	16	0	27	27	41%
IT	0	0	0	0	275	0%
CY	0	0	0	0	0	0%
LV	5	2	0	7	7	71%
LT	6	0	2	8	22	100%
LU	1	0	0	1	1	100%
HU	19	52	2	73	73	29%
MT	0	1	0	1	1	0%
NL	18	76	7	101	101	25%
AT	8	40	0	48	48	17%
PL	60	195	16	271	271	28%
PT	6	22	5	33	33	33%
RO	54	113	9	176	176	36%
SI	5	7	0	12	12	42%
SK	8	17	1	26	27	35%
FI	3	22	1	26	26	15%
SE	3	14	1	18	22	22%
UK	29	76	0	105	105	28%
EU	374	1.316	77	1.767	2.064	26%
IS	1	0	0	0	1	0%
NO	3	6	0	9	12	33%
CH	7	20	6	33	33	39%

Source: CARE database, data available in May 2018

*Totals for EU include latest available data

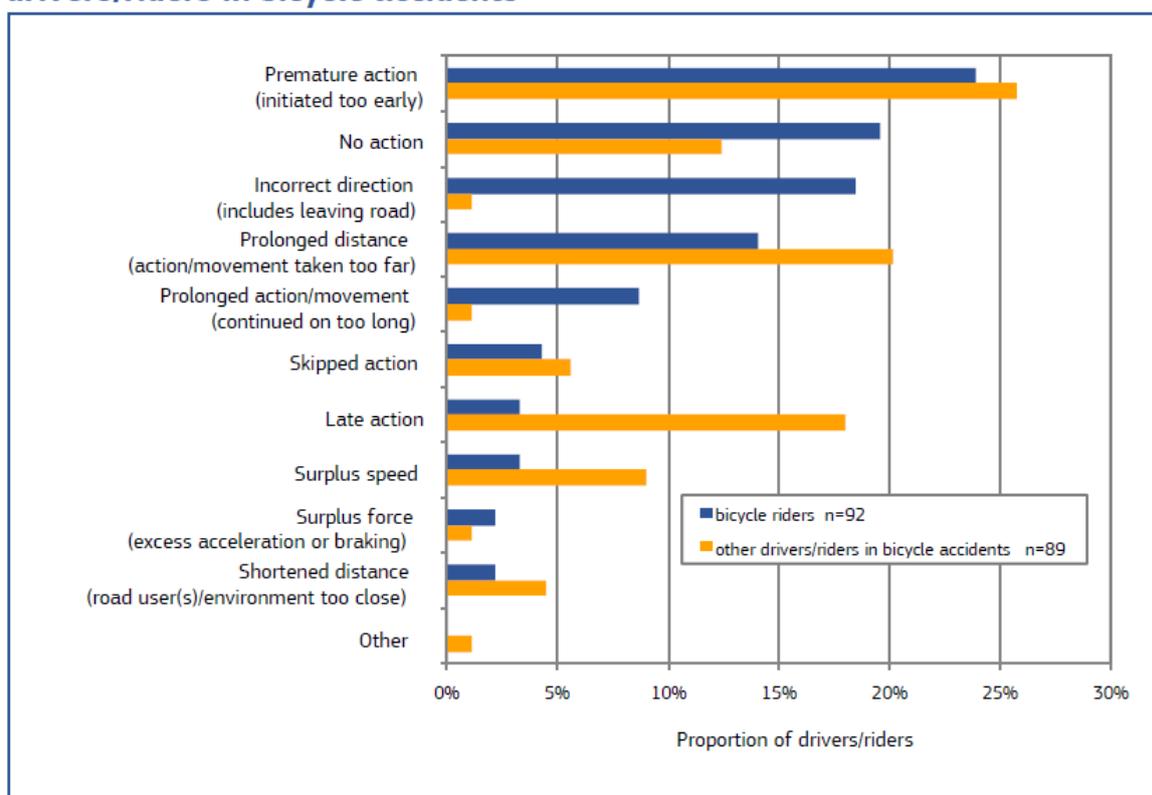
La tabella 9 mostra che nei paesi dell'UE, il 26% delle vittime di ciclisti è stato ucciso quando l'illuminazione era scarsa (crepuscolo o buio); per la Lettonia e la Grecia la proporzione è addirittura del 71% e del 50% rispettivamente. Per l'Italia il dato non era disponibile.

Eventi scatenanti

Tra il 2005 e il 2008, sono stati raccolti i dati di 1,006 incidenti (riguardanti tutti i tipi di utenti della strada e tutte le gravità delle lesioni) in Germania, Italia, Paesi Bassi, Finlandia, Svezia e Regno Unito.

Nel database, il 9% (91) degli incidenti coinvolge il ciclista. I maschi rappresentano il 50% di questo gruppo e l'età media è di 47 anni. La Figura 10 confronta le distribuzioni di eventi critici specifici per ciclisti e altri conducenti / ciclisti in incidenti in bicicletta.

Figure 10: Distribution of specific critical events - bicycle riders and other drivers/riders in bicycle accidents



Source: SafetyNet Accident Causation Database 2005 to 2008 / EC;N=181.Date of query: 2010

Sebbene "Premature Action" sia registrata più frequentemente sia per i ciclisti che per gli altri coinvolti in incidenti in bicicletta, è la differenza per "Incorrect direction" che è più sorprendente. "Incorrect direction" ("Direzione errata") si riferisce a una manovra eseguita nella direzione sbagliata (ad esempio, svoltando a sinistra invece che a destra) o lasciando la strada (non seguendo la direzione prevista della strada). "Premature Action" ("Azione prematura") descrive un evento critico con un'azione iniziata troppo presto, prima che venisse dato un segnale o che fossero stabilite le condizioni richieste.

In combinazione con "Prolonged distance" e "Prolonged action/movement - movimenti effettuati troppo lontano e manovre che durano troppo a lungo (ad esempio, il mancato ritorno alla corsia corretta) - iniziano ad emergere scenari di conflitto tra ciclisti e altri utenti della strada quando condividono lo spazio stradale.

La tabella 10 fornisce i collegamenti più frequenti tra le cause di incidenti con lesioni che coinvolgono ciclisti. Per questo gruppo ci sono 74 collegamenti di questo tipo in totale.

Table 10: Ten most frequent links between causes – bicycle riders

Links between causes	Frequency
Faulty diagnosis - Information failure (driver/environment or driver/vehicle)	13
Observation missed - Faulty diagnosis	6
Observation missed - Inadequate plan	6
Observation missed - Temporary obstruction to view	5
Observation missed - Distraction	4
Observation missed - Permanent obstruction to view	4
Faulty diagnosis - Communication failure	4
Inadequate plan - Insufficient knowledge	4
Observation missed - Inattention	3
Information failure (driver/environment or driver/vehicle) - Inadequate information design	3
Others	22
Total	74

Source: SafetyNet Accident Causation Database 2005 to 2008 / EC
Date of query: 2010

I numeri qui sono bassi ma i collegamenti sono simili a quelli visti per i gruppi di guidatori e ciclisti in altre ricerche sullo stesso tema della sicurezza stradale. “Faulty diagnosis” (“diagnosi errata”) e “observation missed” (“osservazione mancata”) sono le cause più comuni, seguite da vicino da “Inadequate plan” (“piano inadeguato”, ovvero una mancanza di tutti i dettagli richiesti o che le idee del conducente non corrispondevano alla realtà).

“Diagnosi errata” è una comprensione errata o incompleta delle condizioni stradali o delle azioni di un altro utente della strada. È collegato sia a “information failure” (“fallimento delle informazioni”: ad esempio, un ciclista che pensa che un altro veicolo sia fermo mentre invece si stava effettivamente muovendo ed è entrato poi in collisione con esso) sia a “communication failure” (“fallimento della comunicazione”: ad esempio, un ciclista ingannato da un guidatore che ha indicato una svolta troppo in anticipo). Le cause che portano a “observation missed” possono essere viste come ricadere in due gruppi: cause di tipo “ostruzione fisica alla vista” (ad esempio, auto parcheggiate a un incrocio) e cause di tipo “fattore umano” (ad esempio, mancata osservazione di un luce dovuta a distrazione o disattenzione).

L’approccio.opendata

Una differente tipologia di analisi è quella permessa da alcuni database accessibili come ad esempio quello della famosa applicazione Strava¹⁹ che permette ad amministratori e ricercatori di consultare la più vasta raccolta di informazioni sui trasporti a propulsione umana al mondo. Il servizio Metro di Strava aggrega, deidentifica (per salvaguardare la privacy) e contestualizza questo set di dati per aiutare a rendere le città migliori per chiunque sia a piedi o in bicicletta. È quindi a disposizione di pianificatori urbani,

19 - Vedi: <https://metro.strava.com/>



amministrazioni cittadine e sostenitori di infrastrutture sicure per comprendere i modelli di mobilità, identificare opportunità di investimento e valutare l'impatto dei cambiamenti infrastrutturali, il tutto completamente gratuito.

Un esempio del medesimo approccio (anche se non è stato realizzato usando i dati di Strava) l'ha recentemente proposto il comune di Firenze²⁰.



20 - Vedi: <https://www.agendadigitale.eu/cittadinanza-digitale/analisi-dei-dati-aumentare-la-sicurezza-dei-ciclisti-lesempio-firenze/>

1.4. La cospicuità

La **cospicuità**, definita come la **tendenza di un oggetto di distinguersi dal suo sfondo**²¹, è stata dimostrata essere un fattore importante negli incidenti dei ciclisti, con un'alta percentuale di conducenti che riferiscono: "ho guardato ma non l'ho visto" (il ciclista prima della collisione).²²

La cospicuità dei ciclisti, può essere notevolmente migliorata attraverso l'uso di ausili di visibilità, come abbigliamento retroriflettente o fluorescente²³, dove un ausilio di visibilità può essere generalmente definito come quello che aumenta la capacità di un osservatore di vedere un bersaglio quando è consapevole della sua posizione. E' stato dimostrato in studi di guida notturna in strada chiusa, che l'uso di inserti catarifrangenti posizionati sulle caviglie e sulle ginocchia (in aggiunta a un giubbotto riflettente) è stato associato ad un 5,9 volte di aumento della distanza di visibilità relativa agli indumenti neri senza luci della bicicletta, il che rappresenta un notevole vantaggio per la sicurezza stradale²⁴.

Una ricerca²⁵ svolta nel Regno Unito ha evidenziato che numerosi automobilisti sorpassano i ciclisti a meno di 50 cm di distanza, rendendo la manovra di sorpasso per il ciclista pericolosa. In questa ricerca è risultato che solamente in due casi gli automobilisti superavano i ciclisti ad una distanza di circa un metro: quando il ciclista indossava una lunga parrucca da sembrare una donna, oppure quando il ciclista indossava un giubbotto ad alta visibilità con scritto "Polizia percorso video registrato". Questi comportamenti, probabilmente inconsapevoli da parte dei conducenti, possono essere molto pericolosi per un ciclista.



21 - "Pedestrian conspicuity research: A review", Langham e Moberly, 2003

22 - "L'UTILIZZO DI MATERIALI RETRORIFLETTENTI NELLA PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI NEI CICLISTI", Manuela Bellelli, Università degli studi di Padova, 2015

23 - Kwan, I., Mapstone, J. (2004). Visibility aids for pedestrians and cyclists: a systematic review of randomised controller trials, in Accident Analysis and Prevention (pag 36, 305-312).

24 - Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Marszalek, R.P., Lacherez, P.F., Carberry, T.P., Chu, B.S., (2012). Using reflective clothing to enhance the conspicuity of bicyclists at night. Accident Analysis and Prevention (pag 45, 726-730).

25 - Walker, I., Garrard, I., Jowitt, F. (2014). The influence of bicycle commuter's appearance on drivers' overtaking proximities: An on-road test of bicyclist stereotypes, high-visibility clothing and safety aids in the United Kingdom, in Accident Analysis and prevention (pag 64, 69-77).

1.5 Le regole esistenti

L'art 1 del CdS (Codice della strada) dichiara che: **“La sicurezza delle persone, nella circolazione stradale, rientra tra le finalità primarie di ordine sociale ed economico perseguite dallo Stato”**. Inoltre, all'art. 2 dichiara che **“Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano ai principi della sicurezza stradale e della mobilità sostenibile, perseguendo gli obiettivi: di ridurre i costi economici, sociali ed ambientali derivanti dal traffico veicolare; di migliorare il livello di qualità della vita dei cittadini anche attraverso una razionale utilizzazione del territorio; di migliorare la fluidità della circolazione; di promuovere l'uso dei velocipedi.”**²⁶

Dispositivi di illuminazione

Per quando riguarda la sicurezza specifica, l'art. 68 **“Caratteristiche costruttive e funzionali e dispositivi di equipaggiamento dei velocipedi”**, prevede che debbano essere munite, per le segnalazioni visive: *“anteriormente di luci bianche o gialle, posteriormente di luci rosse e di catadiottri rossi; inoltre, sui pedali devono essere applicati catadiottri gialli ed analoghi dispositivi devono essere applicati sui lati”*.

Il **Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada** (D.P.R. 495/1992)²⁷, specifica in maniera più dettagliata i criteri tecnici dei sistemi di illuminazione:

Art. 224.

Dispositivi di segnalazione visiva dei velocipedi.

- 1. La luce anteriore consiste in un fanale a luce bianca o gialla, ad alimentazione elettrica, posto ad una altezza compresa tra un minimo di 30 cm ed un massimo di 100 cm da terra ed orientato in modo che l'asse ottico incontri il terreno antistante il velocipede a non oltre 20 m.*
- 2. La luce emessa deve dare un illuminamento, misurato su uno schermo verticale posto a 10 m avanti al fanale, maggiore o eguale a 2 lux nel punto corrispondente alla proiezione sullo schermo del centro del fanale e su una linea orizzontale passante per detto punto per una estensione di 1 metro a destra e di 1 metro a sinistra di esso. In nessun punto dello schermo situato a 60 cm al di sopra di detta orizzontale l'illuminamento deve superare 5 lux.*
- 3. La luce di posizione posteriore rossa, ad alimentazione elettrica, deve trovarsi sul piano di simmetria del velocipede, ad altezza da terra non superiore a 1 m, comunque non al di sotto del dispositivo a luce riflessa, ed avere il fascio luminoso diretto verso l'indietro, con l'asse orizzontale contenuto nel suddetto piano di simmetria.*
- 4. La visibilità verso l'indietro deve essere assicurata entro un campo di ± 15 gradi in verticale e di ± 45 gradi in orizzontale.*
- 5. L'intensità della luce emessa non deve essere inferiore a 0,05 candele entro un campo di ± 10 gradi in verticale e di ± 10 gradi in orizzontale.*

26 - Comma così modificato dall' art. 9, comma 1, L. 11 gennaio 2018, n. 2.

27 - Vedi: <https://www.altalex.com/documents/news/2013/09/03/dei-veicoli#articolo224>

6. Il dispositivo catadiottrico posteriore a luce riflessa rossa deve essere montato su idoneo supporto con l'asse di riferimento orizzontale e parallelo al piano verticale longitudinale di simmetria del veicolo. Non deve esservi ostacolo alla propagazione della luce tra il dispositivo e l'occhio dell'osservatore situato nello spazio comune a due diedri ortogonali i cui spigoli, uno orizzontale e l'altro verticale, passano per il centro della superficie riflettente con angoli rispettivamente di ± 45 gradi e di ± 15 gradi. Il dispositivo deve essere posto [sul parafrangente posteriore,] ad una altezza non superiore a 90 cm da terra misurata tra il bordo superiore del dispositivo ed il terreno, e deve essere di forma tale che possa essere inscritto in un rettangolo con lati le cui lunghezze siano in rapporto non superiore a due. Il dispositivo può essere abbinato alla luce di posizione posteriore, purché le superfici luminose dei due dispositivi restino separate.

7. I dispositivi catadiottrici a luce riflessa gialla, da applicare sui due fianchetti di ciascun pedale e gli analoghi dispositivi da applicare sui due lati di ciascuna ruota, devono essere montati in modo che le superfici utili siano esterne ai pedali ed alle ruote, rispettivamente perpendicolari ai piani dei pedali e paralleli ai piani delle ruote e di forma tale che possano essere iscritti in un rettangolo con lati le cui lunghezze siano in rapporto non superiore ad otto. [...]

10. I tipi di dispositivi previsti dalla suddetta appendice devono essere omologati dal Ministero dei lavori pubblici - Ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale e devono portare stampigliati, in posizione visibile, gli elementi di cui all'articolo 192, comma 7, e, qualora agli effetti del montaggio sia prescritta una determinata posizione, la dicitura «alto» od altra simile.

Distanza di sicurezza

Attualmente non esiste una distanza minima da rispettare tra auto e ciclista. È però in fase di proposta una modifica all'**art 148 del Cd.S** che, se venisse approvata, reciterebbe²⁸:

Fuori dai centri urbani, purché occorran le condizioni di sicurezza e le condizioni della circolazione lo consentano, il sorpasso dei velocipedisti deve essere svolto lasciando una distanza laterale di almeno 1,5 metri.

Cambiamento di direzione o di corsia o altre manovre

L' **art. 154** del C.d.S. , in merito al cambio di direzione recita:

2. Le segnalazioni delle manovre devono essere effettuate servendosi degli appositi indicatori luminosi di direzione. Tali segnalazioni devono continuare per tutta la durata della manovra e devono cessare allorché' essa è stata completata. Con gli stessi dispositivi deve essere segnalata anche l'intenzione di rallentare per fermarsi. Quando i detti dispositivi manchino, il conducente deve effettuare le segnalazioni a mano, alzando verticalmente il braccio qualora intenda fermarsi e sporgendo, lateralmente, il braccio destro o quello sinistro, qualora intenda voltare.²⁹

28 - Vedi: <https://bicimtbike.com/2019/05/18/codice-strada-biciclette/>

29 - Vedi: <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:1992-04-30:285>





2. La sicurezza notturna agli incroci stradali

I dati e le informazioni raccolti nel capitolo precedente hanno lo scopo di permettere un'analisi dello scenario scelto partendo dai trend di evoluzione e dai dati statistici individuati.

Dai dati raccolti nel capitolo precedente emerge che in **Italia il 44% degli incidenti in bicicletta avvengono nelle ore con scarsa luminosità** (dalle 16 alle 8 di mattina), orari nei quali l'uso delle biciclette è comunque più limitato. Il dato è quindi ancora più significativo.

Sempre in Italia il **60% degli incidenti è avvenuto in città ed il 40% ad un incrocio**.

Nel prossimo capitolo sono illustrati i più recenti prodotti/progetti sul tema della visibilità notturna e/o in situazioni di bassa visibilità per ciclisti.

Evidentemente, i dispositivi di segnalazione visiva previsti dalla normativa attuale sono necessari, ma non sufficienti, a promuovere la sicurezza.



2.1. Prototipi e stato dell'arte del mercato

BikeSphere



Figura 2: BikeSphere

Al fine di migliorare la visibilità del ciclista, nel 2017, è stato realizzato un prototipo per l'iniziativa "#TrendyDrivers" di Michelin denominato "Bike Sphere": un set di luci intelligenti per bici che rilevano i pericoli dell'ambiente e avvisano guidatori e ciclisti per evitare incidenti. L'idea era renderlo un progetto open source in cui era possibile acquistare componenti comuni e scaricare piani da stampare con stampanti 3D standard.

Quando la luminosità ambientale viene rilevata insufficiente dal sistema, BikeSphere proietta sull'asfalto l'area di sicurezza del ciclista grazie a due unità laser poste nella parte anteriore e posteriore della bici. Pertanto, i conducenti degli altri veicoli conoscono in ogni momento la distanza minima che devono mantenere.

Se un guidatore sbadato si avvicina troppo a questa zona di sicurezza, la proiezione diventa 3 volte più intensa, allertando sia il ciclista che il guidatore del pericolo imminente e dando loro il tempo di reagire.³⁰

Il sistema è rimasto allo stato di progetto.

30 - [Video concept di BikeSphere su YouTube](#)

Lezyne Laser Drive rear light

Con la stessa filosofia di BikeSphere sono stati realizzati negli anni seguenti (e sono in vendita), numerosi sistemi che applicano lo stesso concetto come **Lezyne Laser Drive rear light**³¹ o altri prodotti analoghi.



Figura 3: Lezyne Laser Drive rear light

Questo prodotto mostra “solamente” due linee che indicano agli altri conducenti una zona di rispetto da tenere rispetto al ciclista.

Non ha nessuna funzione automatica/intelligente di rilevamento del pericolo.

Laserlight

Per provare a diminuire le collisioni che si verificano quando i ciclisti stanno andando dritto ad un incrocio e un veicolo (che viaggia nella stessa direzione del ciclista) gira a sinistra senza vederlo, o quando un'auto esce da un incrocio nel percorso del ciclista, è stato ideato **Laserlight**³²: una luce che proietta la posizione del ciclista in avanti e aumenta la sua visibilità.

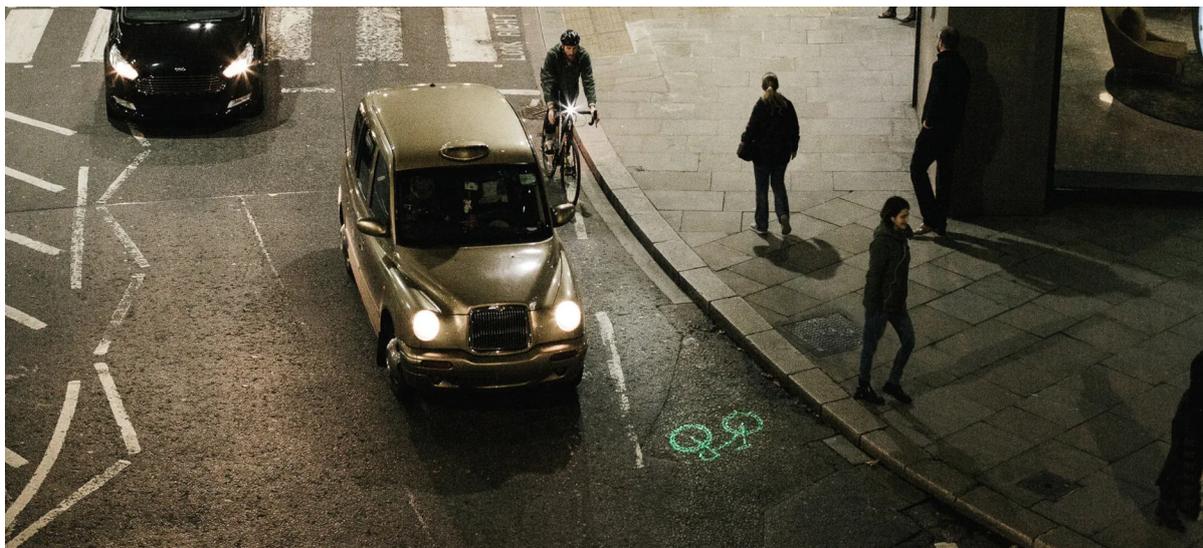


Figura 4: Laserlight

Il simbolo verde della bicicletta proiettato sulla strada dal Laserlight davanti a un ciclista avvisa gli altri utenti della strada e pedoni della presenza di un ciclista e migliora la visibilità del ciclista.



Figura 5: Laserlight

Il colore verde è stato scelto in quanto l'occhio umano è più ricettivo alla luce di quella lunghezza d'onda, fornendo la massima visibilità in diverse condizioni di luce e su diverse

³² - [Il progetto LaserLight su Kickstarter](#)



superfici.

Anche in questo caso la luce è fissa e non ha modulazioni di intensità.

Garmin Bike Radar

Un prodotto molto più sofisticato è il **Bike Radar**³³ di Garmin: segnala i **veicoli in avvicinamento fino a 140 metri**, dando l'esatta percezione della loro velocità e prossimità, con **avvisi acustici e sonori**, e rende il ciclista a loro visibile. La luce posteriore integrata nel bike radar **garantisce la visibilità fino a 1,6 km di distanza**, permettendo ai guidatori di vedere il ciclista prima che il radar rilevi il veicolo.



Figura 6: Garmin Bike Radar

33 - Vedi [Sito Garmin](#)

Zackees Turn Signal Gloves

Questi guanti³⁴ ad attivazione manuale permettono di segnalare le svolte del ciclista a destra e sinistra.

L'attivazione è ottenuta tramite due contatti elettrici situati tra pollice ed indice



Figura 7: Zackees Turn Signal Gloves

Isadore Softshell Jacket and Vest x OSRAM

La descrizione del prodotto dal sito ufficiale³⁵ è piuttosto chiara: “Spesso la sfida più grande per le nostre uscite invernali non è necessariamente il freddo, ma piuttosto il buio. È un periodo dell'anno in cui il lavoro e le esigenze familiari sembrano combinarsi con le ore diurne ridotte per tenerci lontani dalla bici o dall'allenatore indoor. Questo è uno dei motivi principali per cui Isadore si è unita agli specialisti tedeschi dell'illuminazione OSRAM per creare la nostra innovativa linea di illuminazione attiva aggiunta alle nostre giacche e gilet in softshell Merino Membrane. Aggiornando la nostra giacca e gilet invernale più popolare con l'illuminazione attiva di OSRAM, speriamo di migliorare la tua visibilità per gli altri utenti della strada, aumentando al contempo il comfort e la sicurezza complessivi durante la guida. **La giacca con il sistema di illuminazione è completamente lavabile in lavatrice.**”

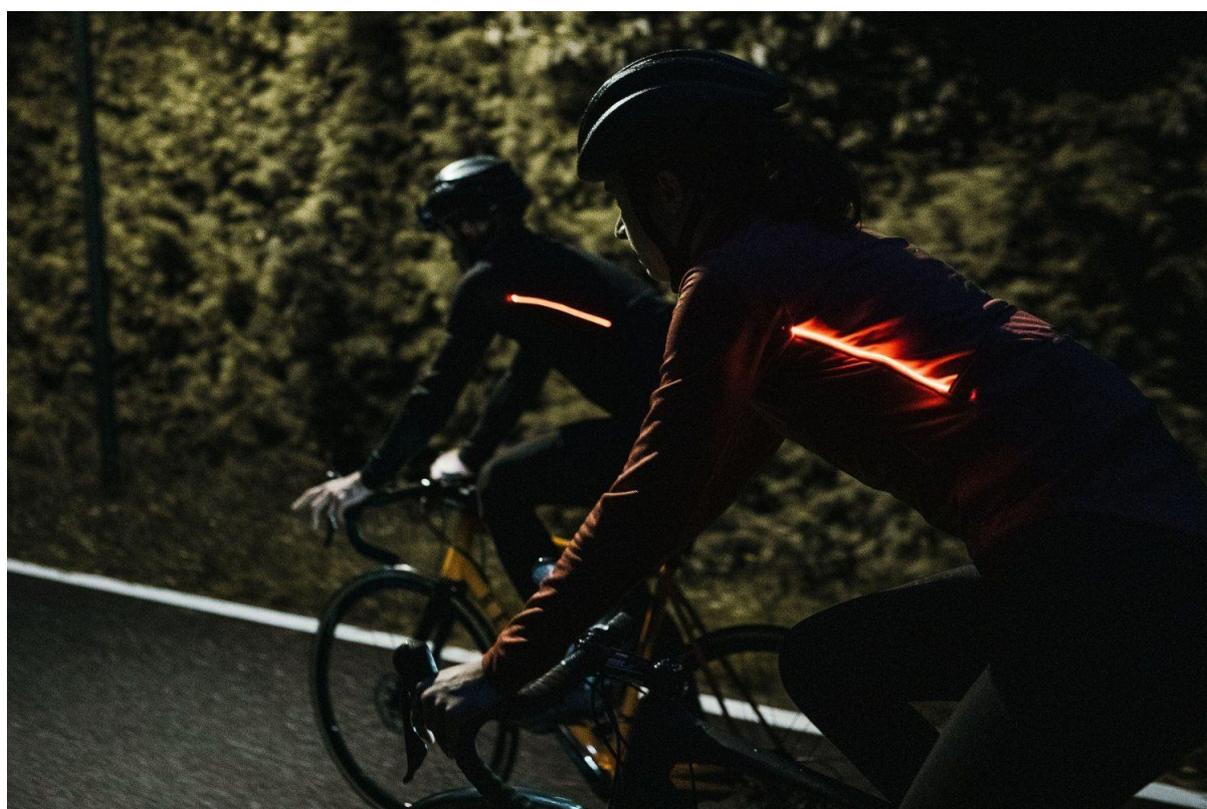
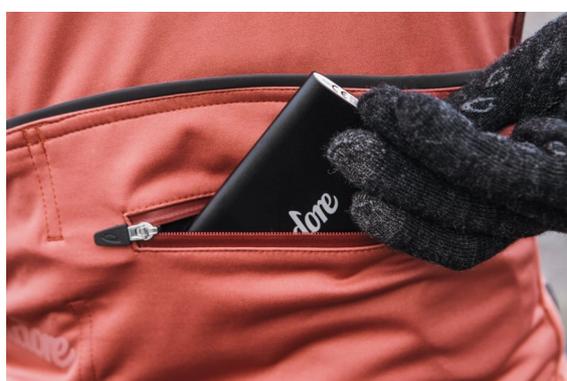


Figura 8: Isadore Softshell Jacket



35 - Vedi: [Sito Isadore](#)

sHenkey gilet retroilluminato



Figura 9: sHenkey gilet retroilluminato

Questo prodotto invece si colloca sulla fascia molto bassa del mercato ed è un semplice gilet da indossare sopra il proprio abbigliamento con un comando ad azione manuale da posizionare sul manubrio della bicicletta.



2.2. Analisi critica dello stato dell'arte

I dispositivi si basano tutti sul miglioramento della percezione del ciclista tramite un aumento della visibilità dello stesso tramite luci.

Si possono dividere in due categorie:

- Funzionamento statico (luce fissa)
- Funzionamento dinamico (luce dinamica)

Quelli della prima categoria non presentano delle funzionalità automatiche specifiche, in pratica non si discostano molto dalle classiche luci (obbligatorie, peraltro) di presenza delle biciclette.

Quelli della seconda categoria (Garmin e Zackees) hanno anch'essi delle criticità:

- Quello di Garmin non è pensato per migliorare la visibilità del ciclista agli incroci, anzi si potrebbe dire che per il suo funzionamento è totalmente inutile in quella particolare condizione di utilizzo
- I prodotti di Zackees e sHenkey invece sono pensati proprio per la specifica condizione di utilizzo che si vuole analizzare. Il loro azionamento manuale però e **le loro caratteristiche sembrano di possibile miglioramento.**







3. Conclusioni

3.1. Tesi e ipotesi

In base a quanto raccolto nei capitoli precedenti, si evidenzia l'opportunità di ipotizzare un prodotto per migliorare la visibilità dei ciclisti specifico per il contesto di utilizzo individuato: **La visibilità notturna del ciclista agli incroci.**

3.2. Obiettivi

Gli obiettivi da raggiungere sono quindi concentrati sul miglioramento della visibilità del ciclista:

- **miglioramento visivo notturno, essere quindi illuminato e/o catarifrangente**
- **presentare un funzionamento automatico o comunque a basso impatto durante la guida della bicicletta**
- **presentare una interazione sia con il ciclista che con il guidatore del mezzo potenzialmente pericoloso.**





4. Caso studio

4.1. Descrizione



Figura 10: Indicazione di una svolta da parte di un ciclista "aumentata".

La proposta prevede la creazione di un dispositivo che riconosca i **gesti del polso** del ciclista.

Il caso di uso previsto è quello più comune, ovvero quando il ciclista effettua la classica manovra con il braccio sinistro teso per indicare una svolta, in questo caso il dispositivo si illumina di **arancione** per segnalare una **svolta ai mezzi nelle vicinanze**.

Un feedback sonoro è emesso per confermare al ciclista l'attivazione della funzionalità.



4.2. Requisiti progettuali

Elenco dei requisiti di progetto:

ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITÀ' (Alta, Media, Bassa)
R1	Portabilità	Il dispositivo deve essere portabile ed utilizzabile su più biciclette, eventualmente anche sharing. Deve essere adatto a diverse fisionomie e non essere dipendente dall'abbigliamento usato dal ciclista.	A
R2	Resistenza	Il dispositivo dovrà essere resistente anche in caso il ciclista si trovi sotto una pioggia	A
R3	Attivazione	Il dispositivo deve sempre pronto ad attivarsi senza un input specifico dell'utente	A
R4	Funzionamento	Il dispositivo deve riconoscere delle gestures effettuate dall'utente	A
R5	Feedback luminoso	Il dispositivo deve illuminarsi tramite dei led in base alle gesture espresse	A
R6	Feedback sonoro	Il dispositivo deve restituire un feedback sonoro all'utente quando ha riconosciuto una gesture	M
R7	Disattivazione	Il dispositivo deve pronto a spegnersi (o entrare in una modalità a basso consumo) dopo 60 secondi di mancato utilizzo	A
R8	Status	Il dispositivo deve sempre trasmettere una informazione sul suo status di funzionamento (attivo/disattivo)	A
R9	Alimentazione	Il sistema deve funzionare a batteria e garantire almeno 4h di funzionamento	A
R10	Carica	Il sistema deve comunicare all'utente la necessità di essere caricato / la quantità di carica residua	A



4.3. Analisi e sviluppo dei requisiti

R1 - Portabilità

Il dispositivo andrà posizionato sulla bicicletta in posizione visibile ma non fissa in maniera permanente, dovrà quindi essere adatto a diverse fisionomie e ad essere indipendente dagli abiti indossati dal ciclista (urbani o sportivi che siano).

Si propone di **realizzare un sistema di illuminazione portatile** sul quale posizionare gli elementi (luci, elettronica, batterie) all'interno di un involucro opportunamente realizzato.

R2 - Resistenza

Tutti gli **elementi elettronici saranno inseriti all'interno di un involucro rigido** opportunamente realizzato e che non permetterà quindi l'ingresso di agenti atmosferici.

Una eventuale certificazione IP63 sarà realizzata in fase di progettazione avanzata.

R3 - Attivazione

Il **sistema è sempre pronto all'uso, basta muoverlo (muovere la bicicletta) per accenderlo** e renderlo pronto a ricevere i comandi per l'attivazione delle funzionalità.

Questa specifica si realizza tramite un sensore ottico che analizza i movimenti del sistema e "sveglia" il sistema stesso quando avverte una variazione delle immagini consecutivamente raccolte superiore ad un livello predefinito.

Un feedback sonoro e ottico avvertirà l'utente dell'attivazione.

R4 - Funzionamento

Per attivare la funzionalità, il dispositivo deve riconoscere delle **gestures** effettuate dall'utente, in particolare quella per segnalare la svolta, effettuata tenendo il braccio all'altezza della spalla:

- 1) Il movimento parte dalla mano tesa in avanti (si assume che la posizione di partenza sia con la mano posta sopra il manubrio della bicicletta);
- 2) il movimento è rotatorio intorno ad un asse verticale, di circa 90°;
- 3) al termine del movimento si dovrà accendere una luce di colore arancione situata su un piano verticale rispetto alla posizione assunta dal braccio e rivolto verso l'osservatore (automobilista) quindi "indietro" rispetto alla direzione di marcia. Oltre all'accensione della luce, verrà generato un feedback sonoro,

La luce rimarrà attiva per un tempo definito



R5 - Feedback luminoso

Il dispositivo deve illuminarsi tramite dei led di colore arancione e rosso posti in maniera opportuna (vedi paragrafo "Prototipo")

R6 - Feedback sonori

Il dispositivo quando riconosce una delle gestures, oltre a produrre l'illuminazione corrispondente, genererà un feedback sonoro. Esso è realizzato fisicamente con un piezo speaker. Il feedback sarà diverso per ogni gesture.

R8 - Disattivazione

Il dispositivo deve potersi spegnere in maniera automatica dopo 60 secondi di mancato utilizzo.

R9- Status

Il dispositivo deve sempre trasmettere una informazione sul suo status di funzionamento (attivo/disattivo). Questo requisito è soddisfatto tramite una luce posta in posizione visibile dall'osservatore (ciclista).

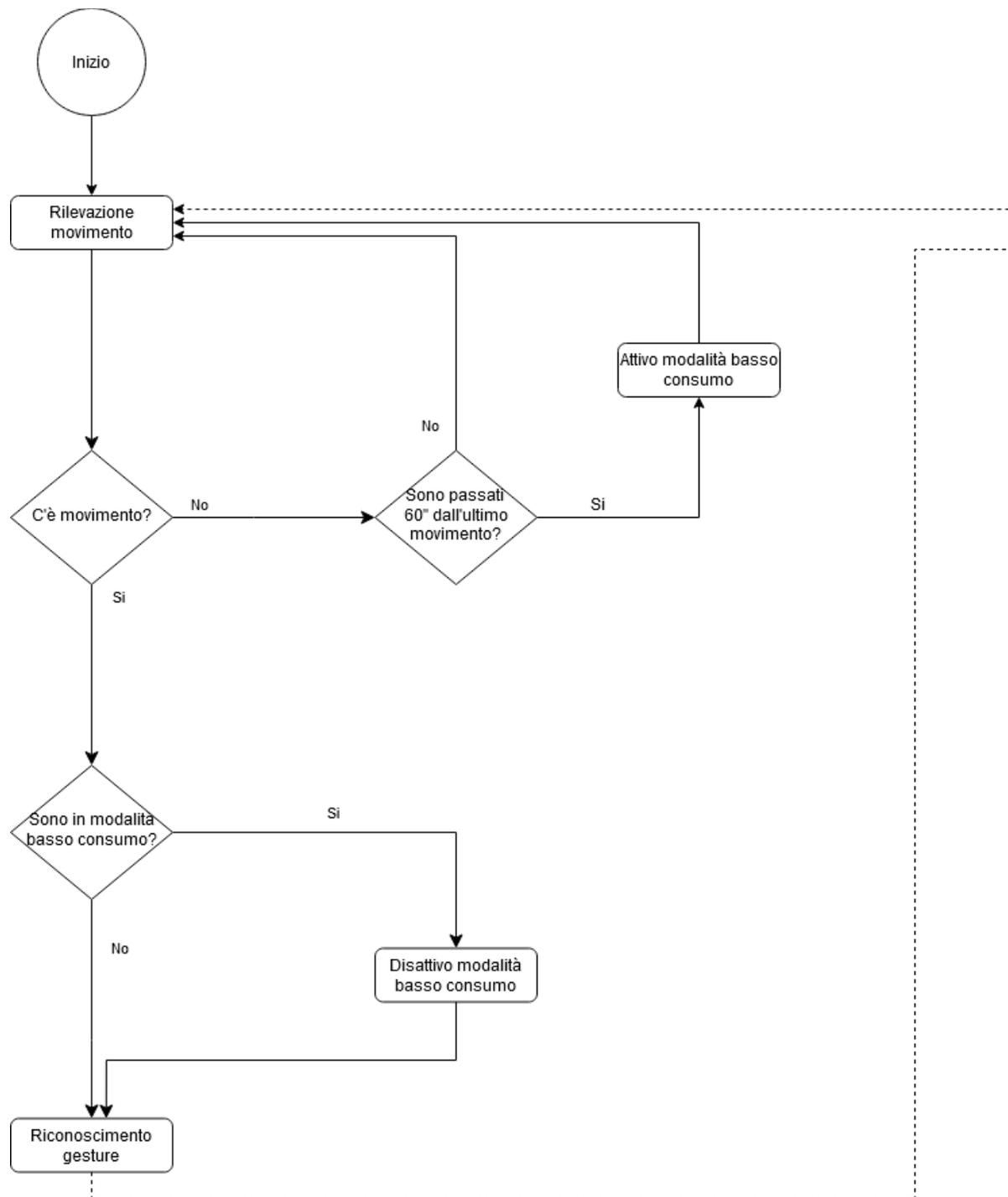
Il sistema deve funzionare a batteria e garantire almeno 4h di funzionamento (non si intendono 4h di funzionamento delle luci, ma 4h di riconoscimento delle gestures e di uso saltuario dell'illuminazione).

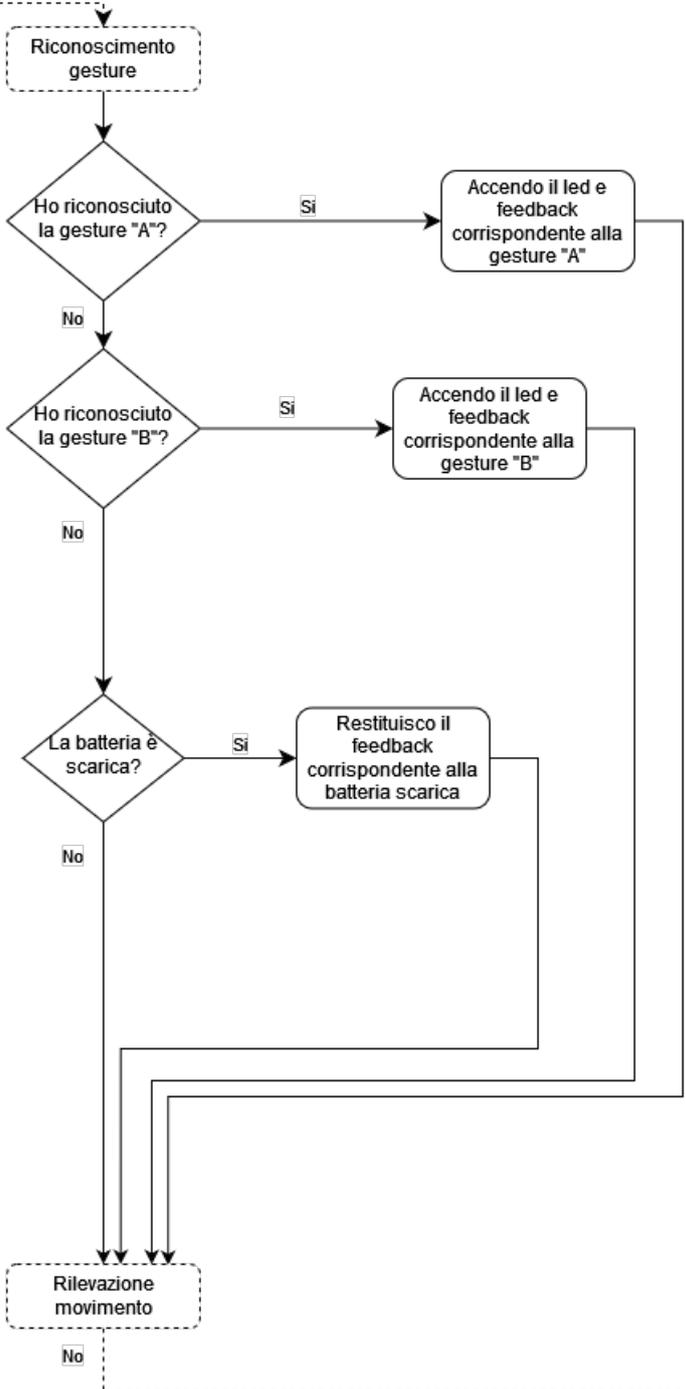
Il sistema deve comunicare all'utente la necessità di essere caricato / la quantità di carica residua (attraverso una apposita gesture oppure attraverso altri feedback sonori/tattili)





4.5 Algoritmo di interazione





4.6. Il riconoscimento delle gesture e l'intelligenza artificiale

Già da tempo si è riusciti ad estendere le possibilità degli algoritmi di intelligenza artificiale ai dispositivi più comuni come singoli PC e smartphone. Da relativamente poco tempo invece questi algoritmi sono disponibili per processori ancora più economici come ad esempio i Microcontrollori.

Un dei primi esempi è stato quello realizzato dall' Istituto Fraunhofer che ha studiato³⁶ la possibilità di applicare un'intelligenza artificiale (AI) personalizzabile, che offra inoltre la possibilità che i dispositivi possano essere adattati o ottimizzati per il loro utilizzo tramite il training effettuato sul dispositivo stesso. Partendo dal framework software di intelligenza artificiale "AlfES" (acronimo di Artificial Intelligence for Embedded System) sono stati in grado di addestrare reti neurali artificiali (ANN) su dei microcontrollori, aprendo la porta a molteplici possibilità. Il framework è adesso disponibile come libreria standard ed adattato nell'ecosistema Arduino.

Altri grossi progetti sono stati realizzati in questi ultimi anni per supportare lo sviluppo di applicazioni ML su microcontrollori senza dover avere per forza una elevata professionalità in ambito AI. Nel prosieguo del documento si esaminerà in particolare il framework Edge Impulse³⁷.

Potenziati applicazioni:

- Rilevamento di gesti e movimenti complessi
- Valutazione delle sequenze di movimento
- Controllo macchina a mano libera
- Controllo intuitivo dei dispositivi indossabili
- Controllo automatico dei dispositivi medici
- HMI per applicazioni di gioco
- Applicazioni per edifici intelligenti



36 - Vedi: www.ims.fraunhofer.de

37 - Vedi: <https://www.edgeimpulse.com/>

4.7. Valutazione energetica

Gli indicatori di direzione per i veicoli devono sottostare a specifiche tecniche di omologazione definite a livello europeo.

L'allegato tecnico, relativamente agli indicatori di direzione posteriori (categoria 2b), recita:

“INTENSITÀ DELLA LUCE EMESSA

6.1. L'intensità della luce emessa da ciascuno dei due dispositivi forniti dev'essere, per indicatori di direzione appartenenti alle categorie 1, 1a, 1b, 2a, 2b, negli assi di riferimento, e per indicatori di direzione appartenenti alle categorie 5 o 6, nella direzione A in conformità all'allegato 1, non inferiore all'intensità minima e non superiore all'intensità massima sotto specificata:

Categoria dell'indicatore di direzione	Intensità luminosa minima in cd	Intensità luminosa massima in cd se usati come Luce unica	Intensità luminosa massima in cd se usati come Luce (unica) con marchio «D» (cfr. paragrafo 4.2.2.3)
2b (variabile)	50	1000	500

Per convertire le specifiche tecniche espresse in candele (cd) in potenza assorbita (W) sono necessari alcuni calcoli e approssimazioni:

Le candele sono l'unità di misura di **intensità luminosa**, i Lumen invece sono il **flusso luminoso**. Le due sono legate dal fatto l'intensità è il flusso luminoso in una determinata direzione. Essendo le direzioni nello spazio 4pi radianti, $I = F/12,56$

Il flusso luminoso è la grandezza più direttamente legata al watt: è la frazione di potenza radiante che occupa la banda visibile. Ma anche tra lumen e watt non c'è una corrispondenza immediata poiché dipende dal tipo di sorgente. Una lampada fluorescente ed una ad incandescenza che assorbono la stessa potenza elettrica, P, hanno flussi luminosi, F, nettamente diversi: si dice che hanno un'efficienza, $E=F/P$, diversa. Una lampada alogena circa 22-30 lumen per ogni watt, la fluorescente anche 80 lumen per ogni watt. Una a led tra i 100 e i 200 lumen per watt.

Nota quindi l'efficienza E di una lampada che assorbe la potenza P, ipotizzando per essa una distribuzione uniforme nello spazio, quindi l'intensità è data in ogni direzione $I=P*E/12,56$ (12,56 sono gli steradiani dell'angolo solido totale) si può dire che 1 W corrisponde a $E/12,56$ cd.

Quindi per assicurare i 50cd previsti da norma serve $50=P*12,56/E$, ne deriva che $P = 50/12,56 * E$ (se fosse stato alogena sarebbero stati circa $50/(30/12,56) = 21w$).



Infatti le lampade correntemente in vendita per le frecce posteriori degli autoveicoli sono da

21w: i 4w stimati per una lampada a led, rapportati per un uso alternato di un secondo acceso e un secondo spento si dimezzano e corrispondono a circa 2w durante l'utilizzo.

Una batteria da 620mAh a 3,7V immagazzina 2,29Wh quindi permetterebbe più di un'ora continua di utilizzo della freccia.

Il microcontrollore e la restante elettronica assorbono generalmente 8-10 mA che a 3,7V corrispondono a circa 0.037W che sono totalmente ininfluenti nel calcolo.

Una batteria con queste caratteristiche è ad esempio la IFR14500, che ha queste dimensioni:

Modello	tensione(v)	capacità (mAh)	lunghezza (mm)	larghezza (mm)
IFR14500	3.7	600	500	14.2







5 Proposta di progetto

5.1. Progetti di riferimento

Tra i numerosi progetti e prodotti presi in esame sono stati presi come riferimento due progetti attualmente alla fase di prototipazione su Kickstarter:

FLOCK LIGHT - The Bike Light that Lights up Your Legs



Figura 11: Il prodotto FLOCK LIGHT

Flock Light è una luce posteriore che aumenta la visibilità del ciclista illuminando le gambe in movimento. Secondo i progettisti, questo facilita il riconoscimento del ciclista che viene individuato “fino a 5 volte più velocemente rispetto ad una luce statica³⁸”.

Limiti:

- E' un sistema “passivo”

38 - Vedi: <https://www.kickstarter.com/projects/projectflock/flock-light-the-bike-light-that-lights-up-your-legs/description>

Flasher



Figura 12: Il prototipo Flasher

Flasher è un sistema di sicurezza per monopattini elettrici o bici grazie a “indicatori di direzione controllati dai gesti e luci dei freni di emergenza”³⁹.

Permette anche diverse modalità di visibilità statiche.

Limiti:

- Le gesture non sono naturali ma vanno imparate
- Devi ricordare di indossarlo e portarlo con te



39 - Vedi: <https://www.kickstarter.com/projects/flasher/flasher-the-safety-wearable-for-e-scooter-riders-and-cyclists>

5.2 Progetto

Il progetto proposto vuole superare i limiti dei progetti esistenti utilizzando un mix di tecnologie che permettano di renderlo totalmente autonomo, riconoscere le gesture naturali del ciclista senza dover essere indossato.

Il progetto prevede:

- un sistema ottico di riconoscimento
- un sistema di illuminazione del ciclista attivo e corrispondente alla gestura

Il Sistema ottico di riconoscimento

Il sistema è basato sulla tecnologia del Machine Learning che permette di migliorare l'automazione, eseguire attività analitiche e fisiche senza l'intervento umano, creando così applicazioni e tecniche innovative. Una di queste applicazioni è il rilevamento della posa umana.

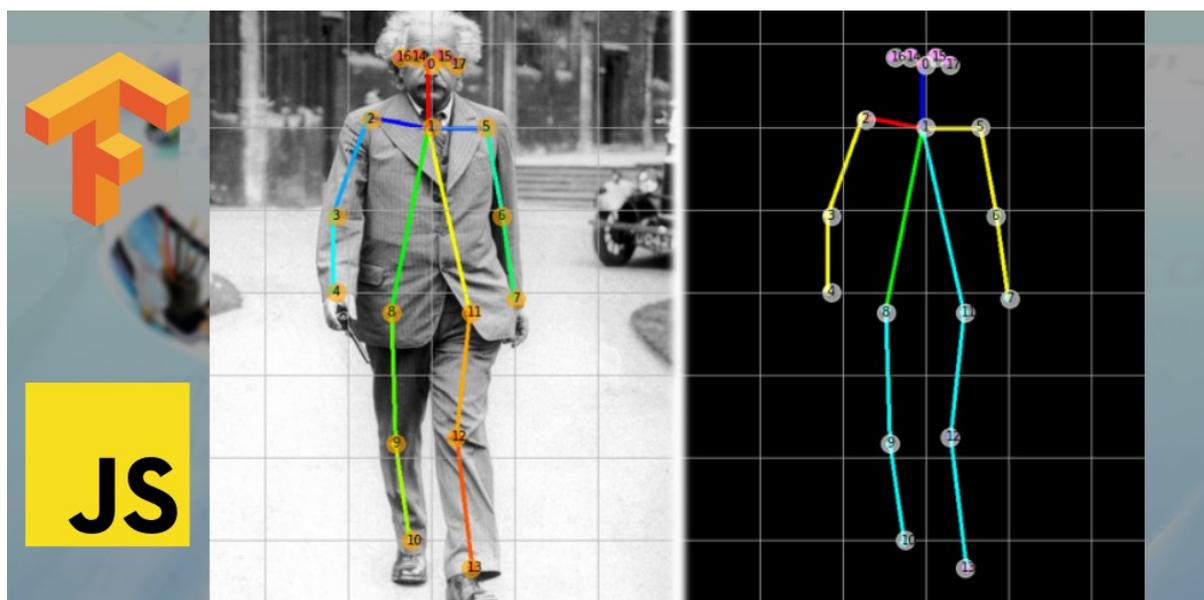


Figura 13: Gli algoritmi Tensorflow di riconoscimento delle gestures in opera

Nel progetto una telecamera sarà posizionata in maniera opportuna per monitorare in tempo reale i comportamenti del ciclista e attivare il sistema di illuminazione in maniera conseguente.

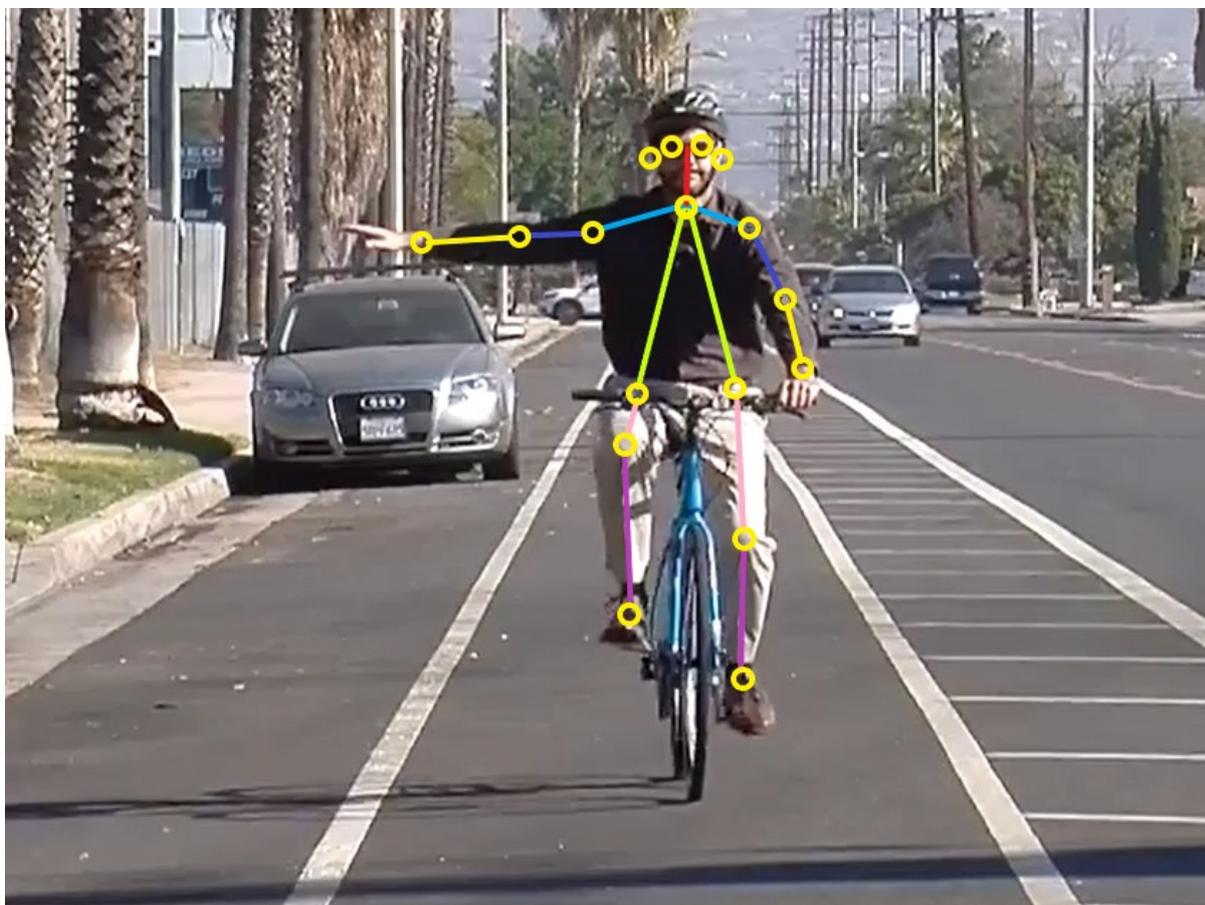


Figura 14: Una immagine statica data "in pasto" agli algoritmi di riconoscimento disponibili per test

Il sistema di illuminazione attiva

Il sistema di illuminazione è disposto sul retro della bicicletta in maniera da poter sia dare una classica illuminazione della freccia e sia **illuminare il braccio del ciclista** nelle diverse situazioni:

Illuminazione della freccia:



A Sinistra:



5.3 Studio di prefattibilità

Alcune verifiche sono necessarie prima di tentare una prototipazione di qualsiasi livello, ed in particolare sono state analizzati tre requisiti chiave:

Capacità computazionale

E' necessario determinare se gli algoritmi di riconoscimento delle gesture attraverso immagini sono disponibili per sistemi basati su microcontrollore.

Da una veloce analisi sul sito ufficiale della libreria Tensor Flow⁴⁰ tale risposta sembra essere affermativa ed esiste una lista di microcontrollori di prototipazione "certificati" come funzionanti.

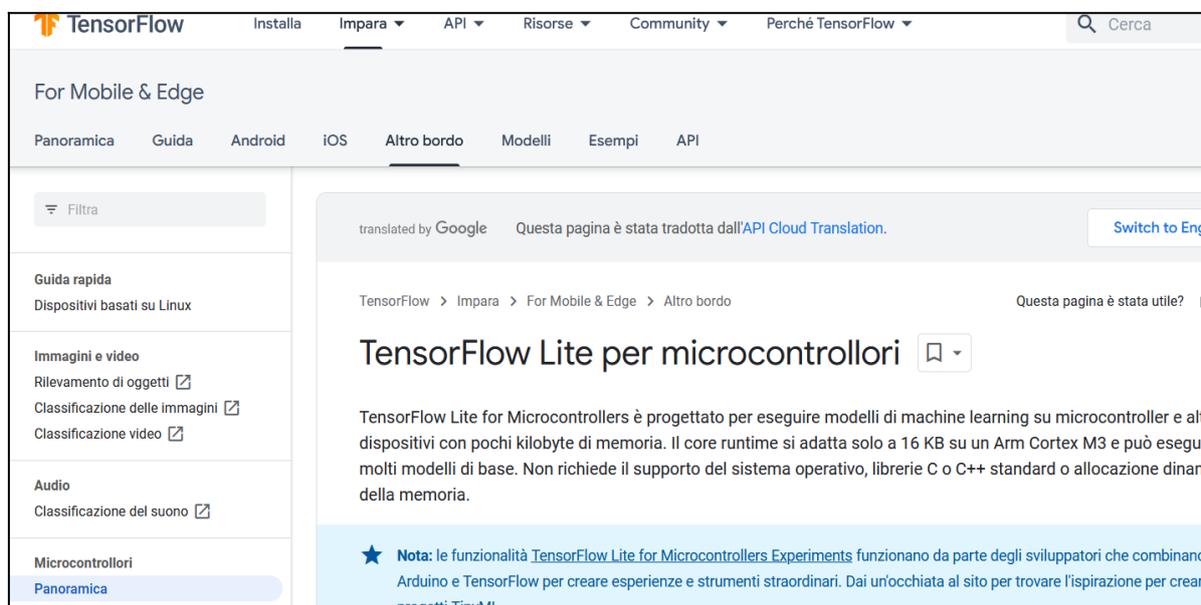


Figura 15: Il sito di Tensorflow "certifica" i dispositivi utilizzabili

40 - Vedi <https://www.tensorflow.org/lite/microcontrollers>

Posizionamento del soggetto

Due requisiti che potrebbero influenzare notevolmente il successivo disegno del progetto sono:

- la necessità che il soggetto inquadrato sia frontale alla telecamera e non di spalle;
- la necessità che il soggetto debba essere inquadrato completamente e non parzialmente (e.g. il braccio).

Per dare una risposta preliminare a questi due requisiti è stata effettuata una prova attraverso una libreria disponibile come demo in rete⁴¹: è stata data “in pasto” all’algoritmo una porzione di un paio delle immagini usate come demo del progetto, opportunamente ritagliate.

Il risultato è stato positivo. A sinistra l’immagine originale, a destra il riconoscimento del braccio.



Figura 16: FOV della camera

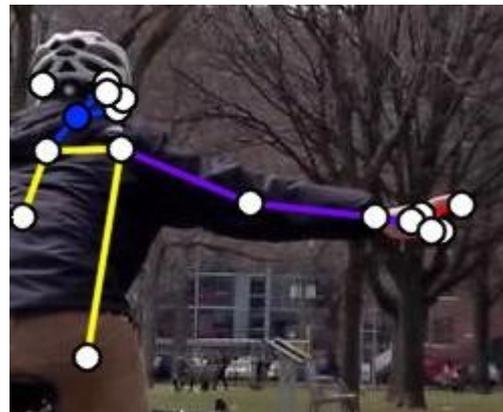


Figura 17: Risultato dell'elaborazione

41 - Vedi: <https://trial.visionpose.com>



Figura 18: FOV della camera

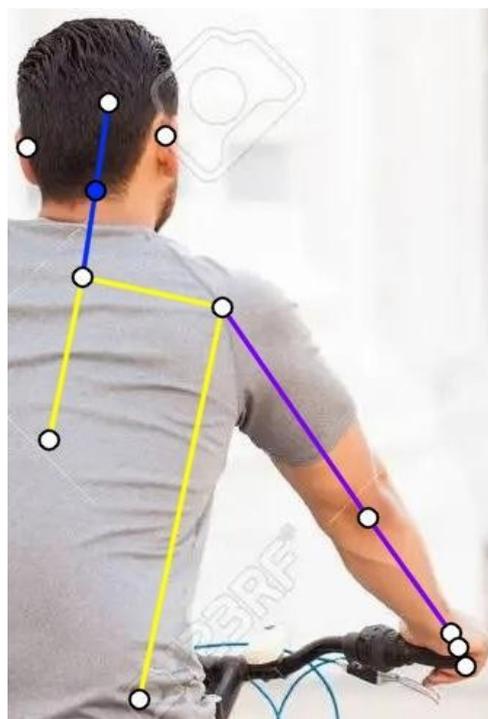


Figura 19: Risultato dell'elaborazione

Sono state effettuate delle verifiche usando una camera con FOV equivalente ad una lente 28mm nel formato classico 35mm ha un angolo orizzontale di campo di circa 65.5 gradi.

Queste verifiche hanno dato esito positivo (il braccio è stato riconosciuto) utilizzando due punti di applicazione:

1) alla fine di un ipotetico portapacchi posteriore della bicicletta:

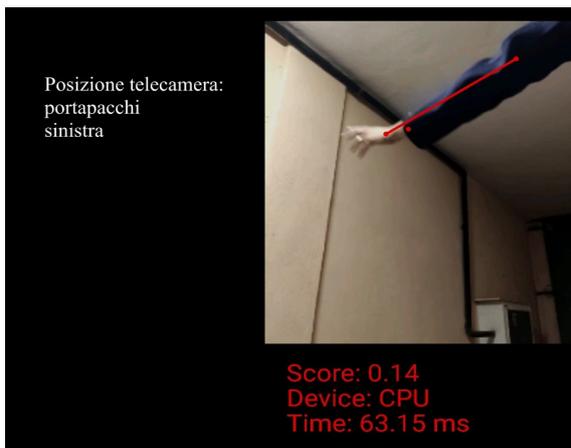


Figura 20: Risultato dell'elaborazione live

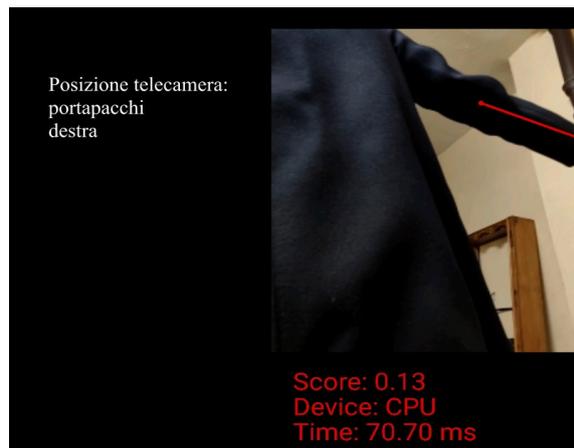


Figura 21: Risultato dell'elaborazione live

2) e in corrispondenza del perno ruota posteriore:

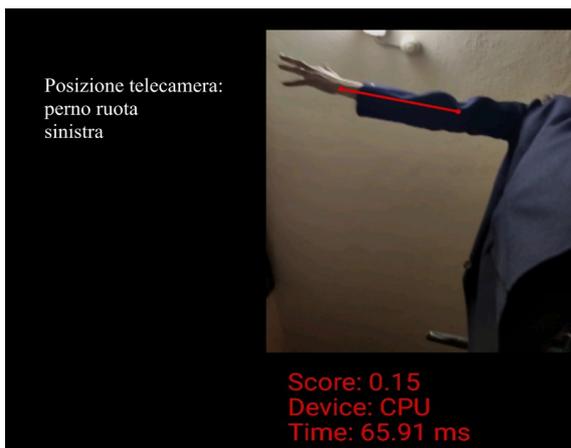


Figura 22: Risultato dell'elaborazione live

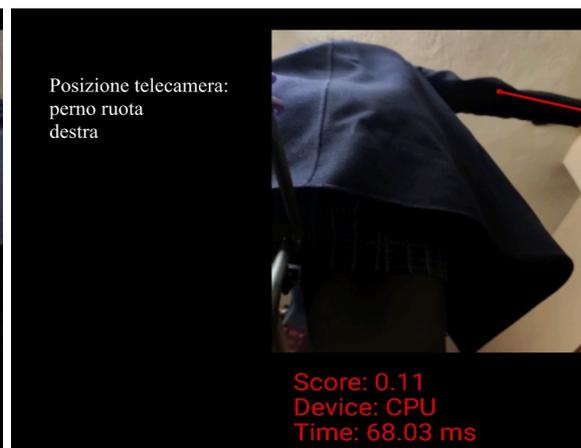


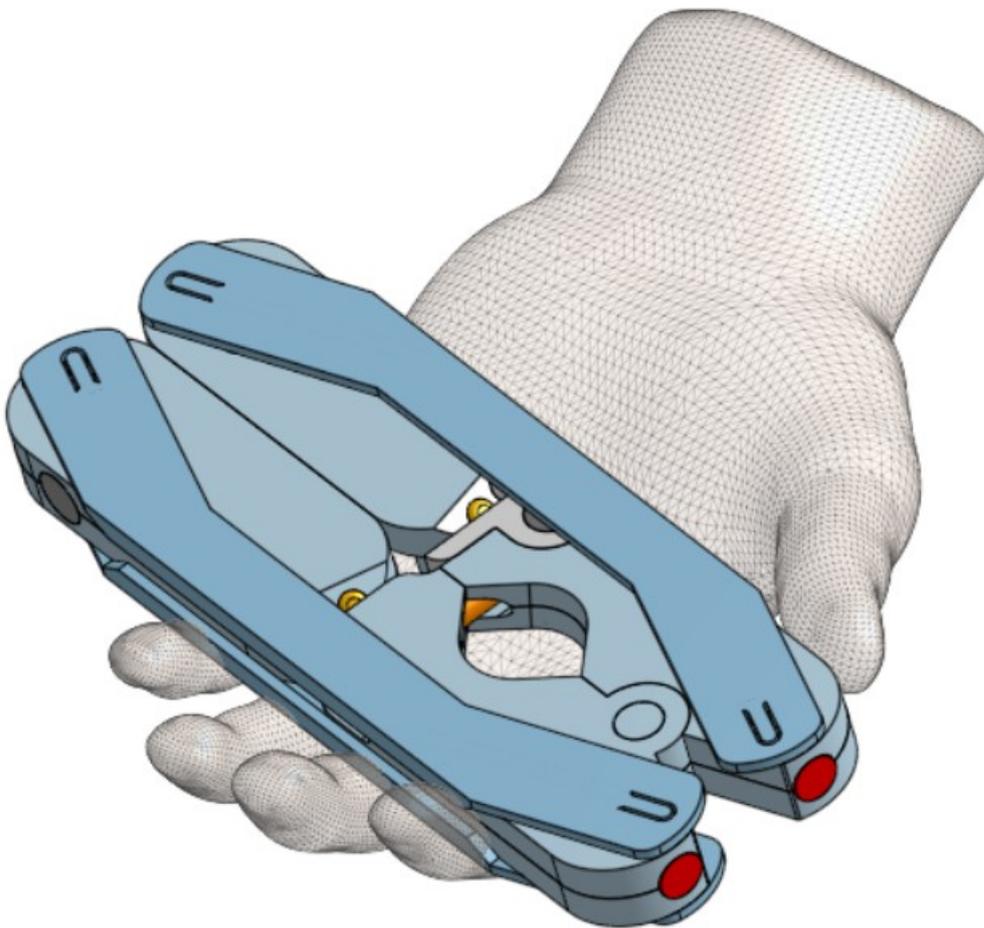
Figura 23: Risultato dell'elaborazione live



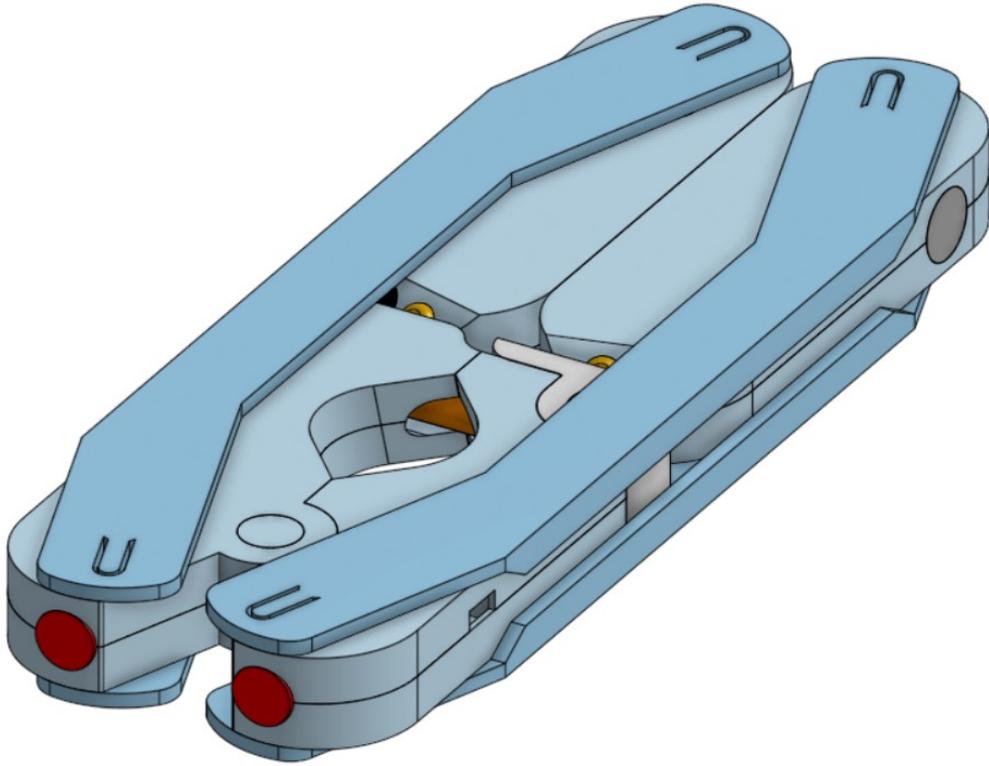


5.4 Il dispositivo

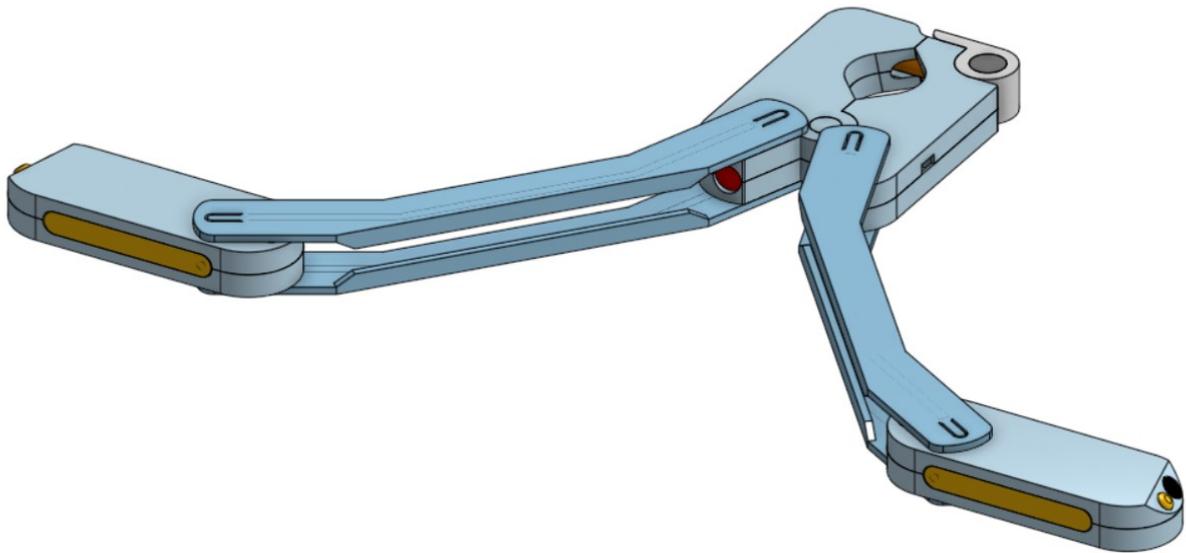
La proposta parte dall'idea di realizzare un oggetto che sia **rimovibile** facilmente quando non è in uso o quando deve essere ricaricato.



Disegno 1: Il prodotto



Disegno 2: Chiuso



Disegno 3: Aperto



Disegno 4: Posizionamento sulla bicicletta

Riferimenti di ingombro





Figura 24: Simulazioni dimensionali applicate ad una bicicletta da turismo

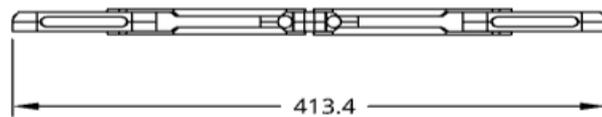
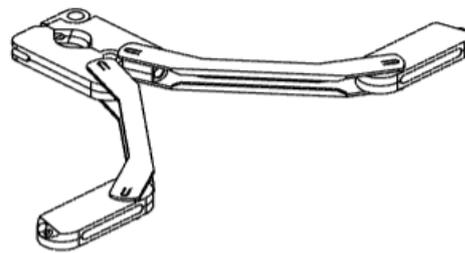
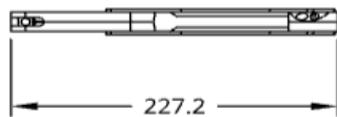
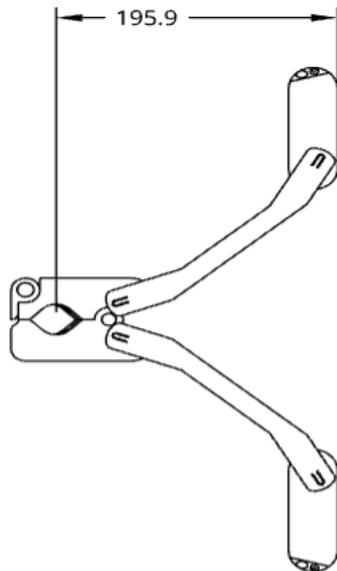


Figura 25: Simulazioni dimensionali applicate ad una bicicletta da turismo

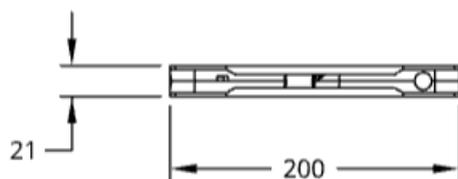
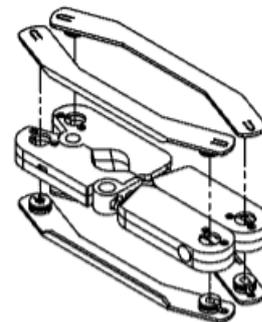
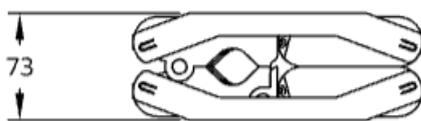


Figura 26: Simulazioni dimensionali applicate ad una bicicletta da turismo

Riferimenti dimensionali



Disegno 5: Aperto



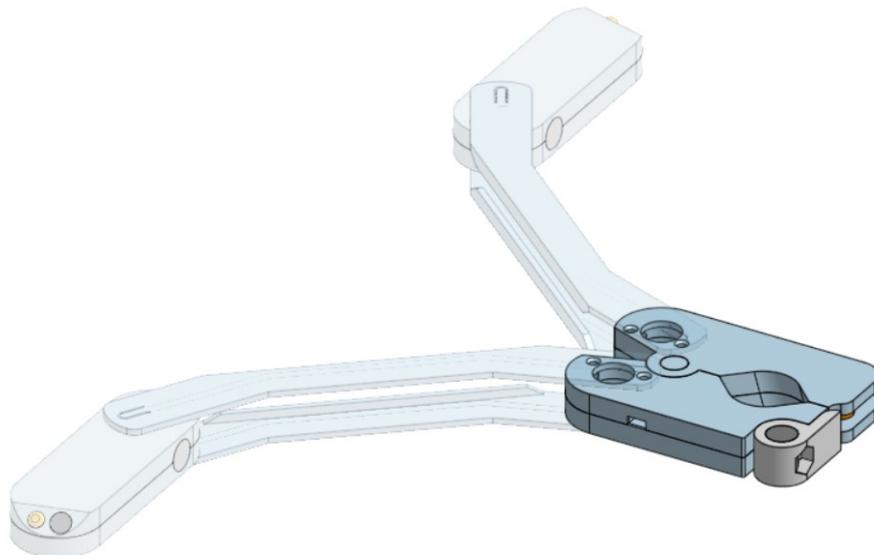
Disegno 6: Chiuso



5.5 Componenti

Corpo centrale

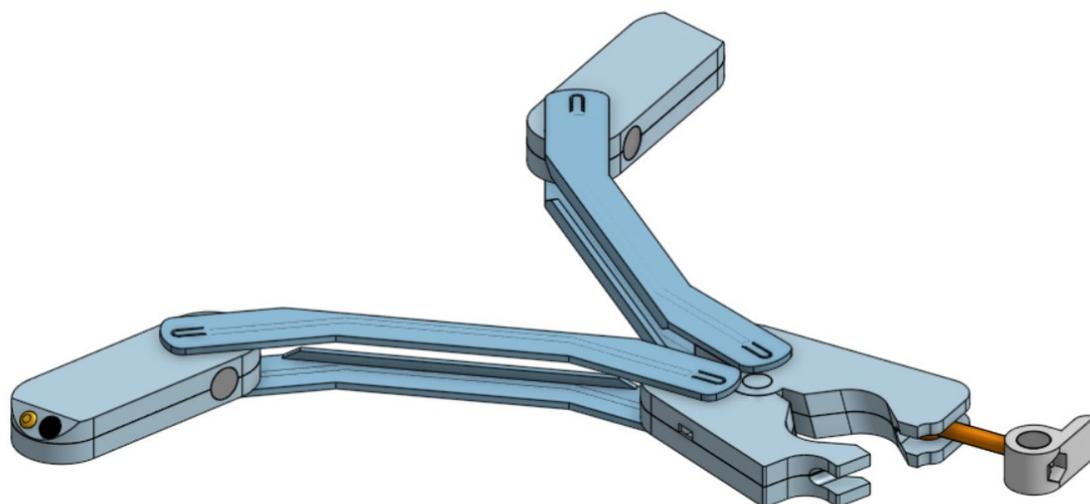
La sua funzione principale è quella di contenere la parte elettronica comune alle due lucciole laterali, ovvero batteria e sistema di ricarica. Inoltre è la parte che comprende il meccanismo di accoppiamento alla bicicletta. E' costituito da un attacco a pinza a inclinata, utile a riportare il prodotto in una posizione orizzontale, pur partendo dai circa 74° standard di inclinazione dei tubi reggisella⁴².



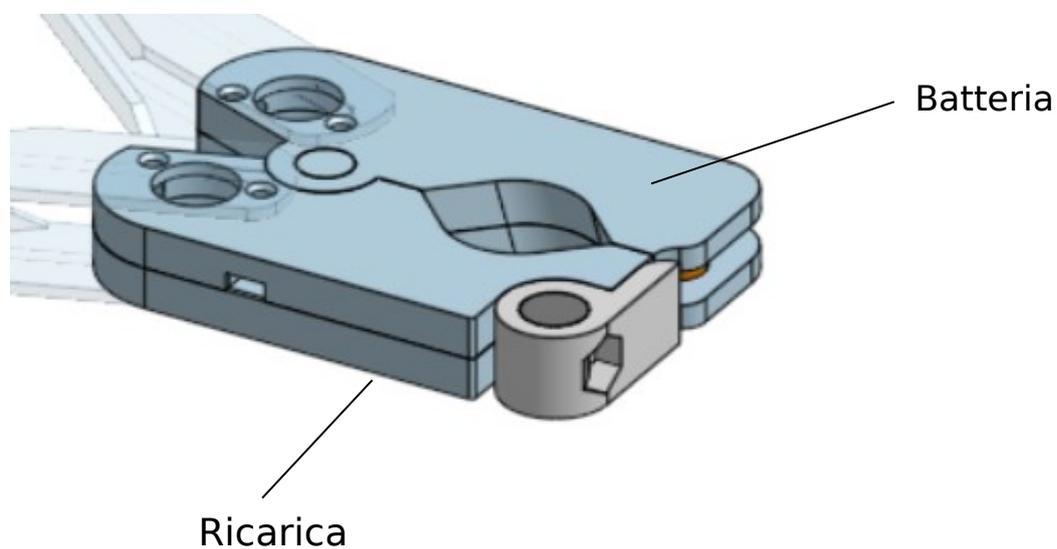
Disegno 7: Dettaglio del corpo centrale

42 - Vedi: <https://www.rialbike.com/magicpower/telaio-e-misure-inclinazione-piantone/>

La pinza ha una escursione utile ad abbracciare i reggisella dalla misura 25 fino a quelli da 35mm.



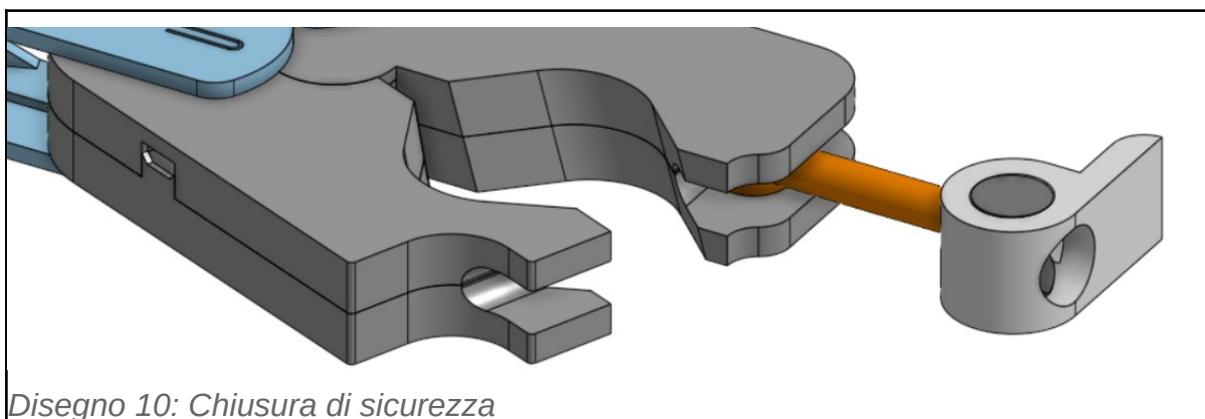
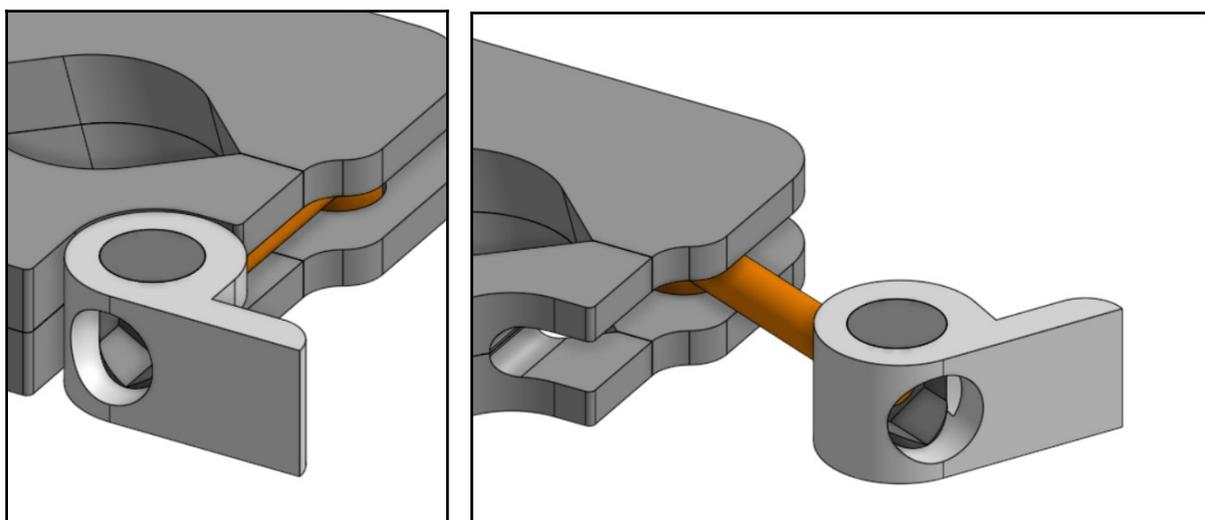
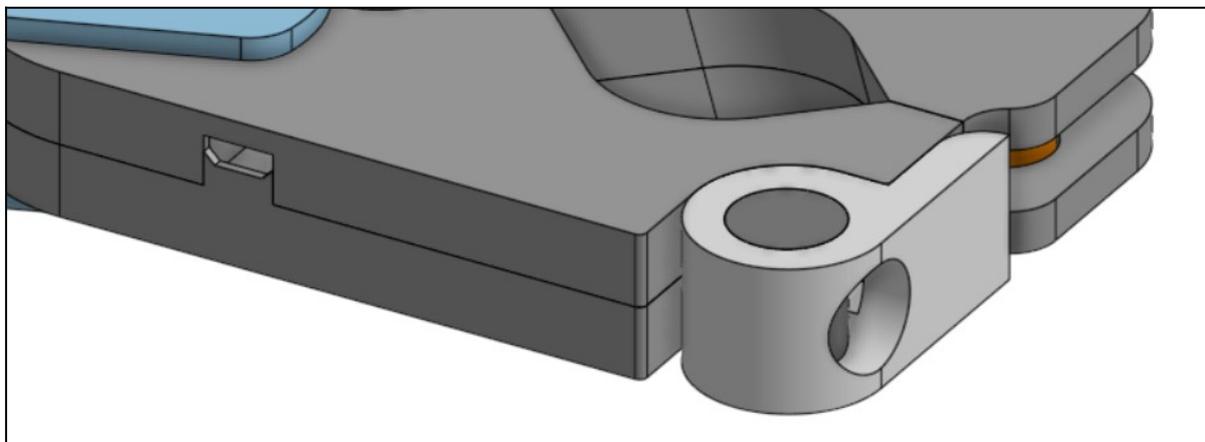
Disegno 8: Corpo centrale aperto per installazione sulla bicicletta



Disegno 9: Il corpo centrale contiene la batteria, il sistema di ricarica e le due luci rosse posteriori

Chiusura di sicurezza

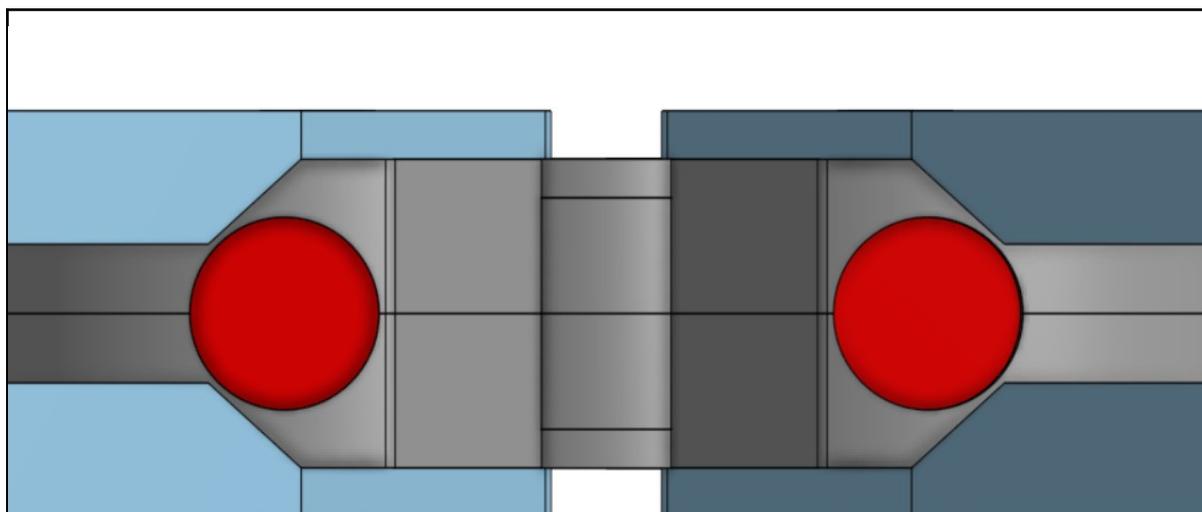
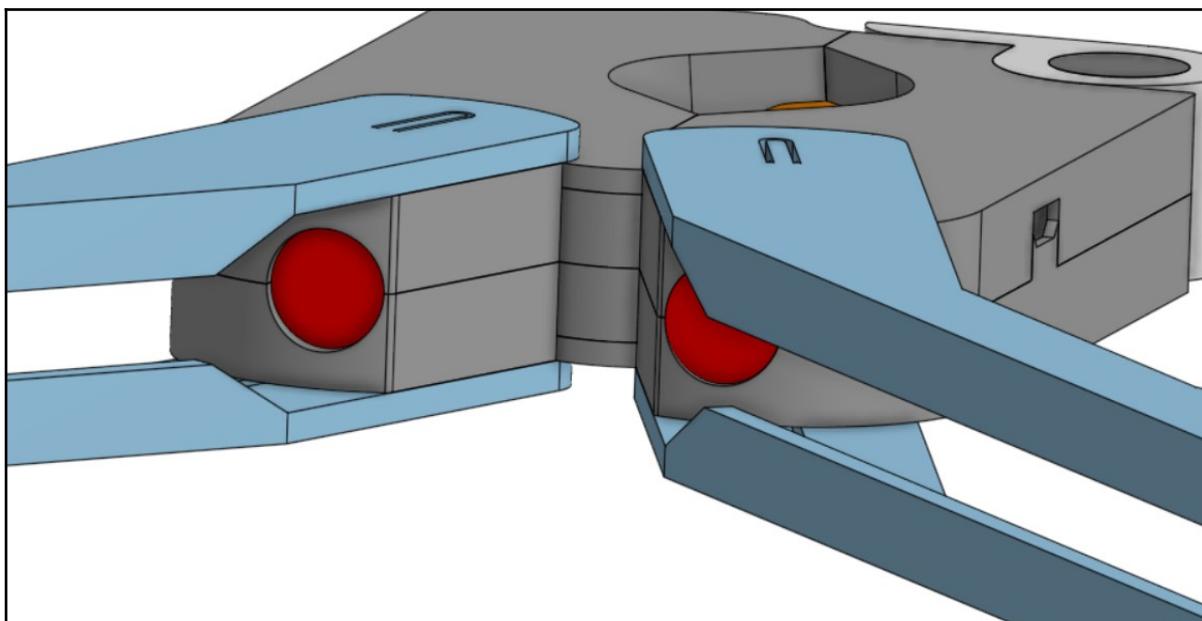
La chiusura di sicurezza lavora con una vite per regolare la distanza di chiusura e la classica chiusura con eccentrico.



Disegno 10: Chiusura di sicurezza

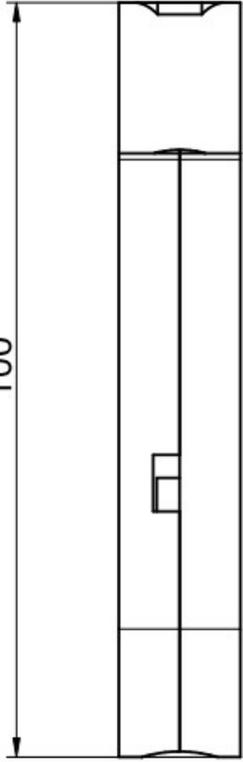
Luci posteriori

Il prodotto prevede due luci posteriori fisse rosse della luminosità prescritta dal CdS.

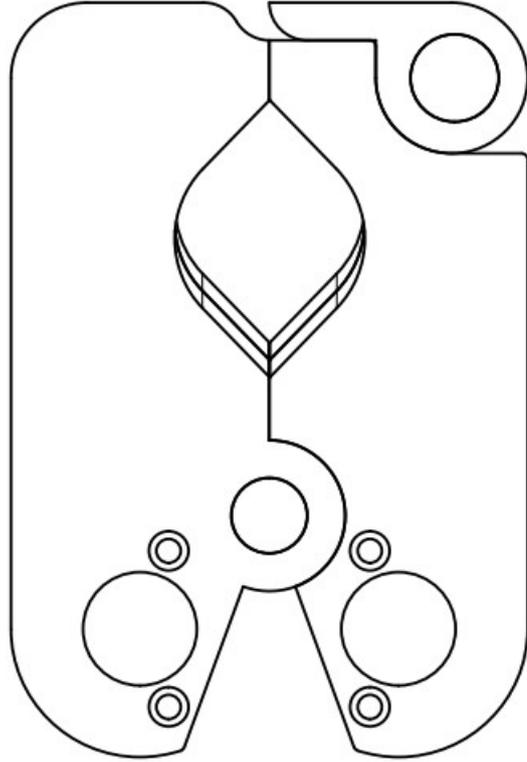
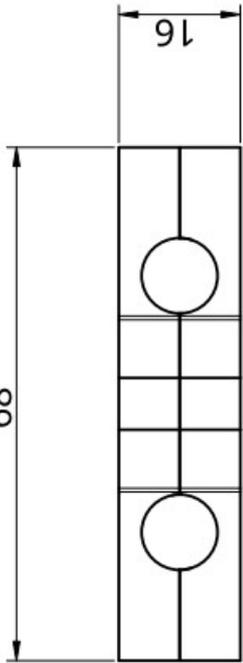


Disegno 11: Vista posteriore

100



68



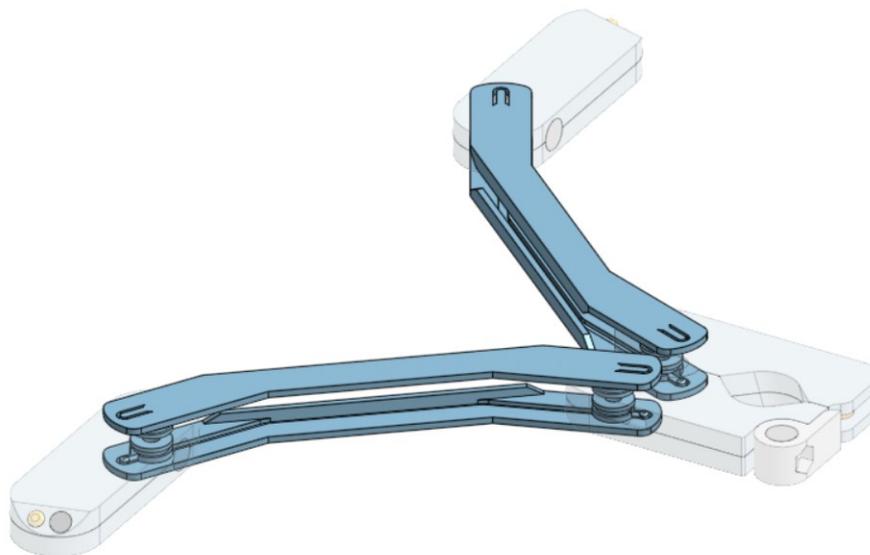
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± °	DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE
	CHECKED	STEFANO MURA		2023-02-28
	APPROVED			
SURFACE FINISH				
DO NOT SCALE DRAWING				
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS				
FIRST ANGLE PROJECTION	MATERIAL	FINISH		
TITLE				
Corpo centrale				
SIZE	DWG NO.	SCALE	WEIGHT	REV.
A4		1:1		
			SHEET	1 of 1

Bacchette

Le bacchette hanno la funzione fondamentale di sorreggere le frecce laterali e permettere il movimento di apertura e chiusura del sistema, dalla posizione di riposo, alla massima apertura per garantire la massima visibilità della svolta del ciclista.

Presentano una nervatura di irrigidimento che gli permette di:

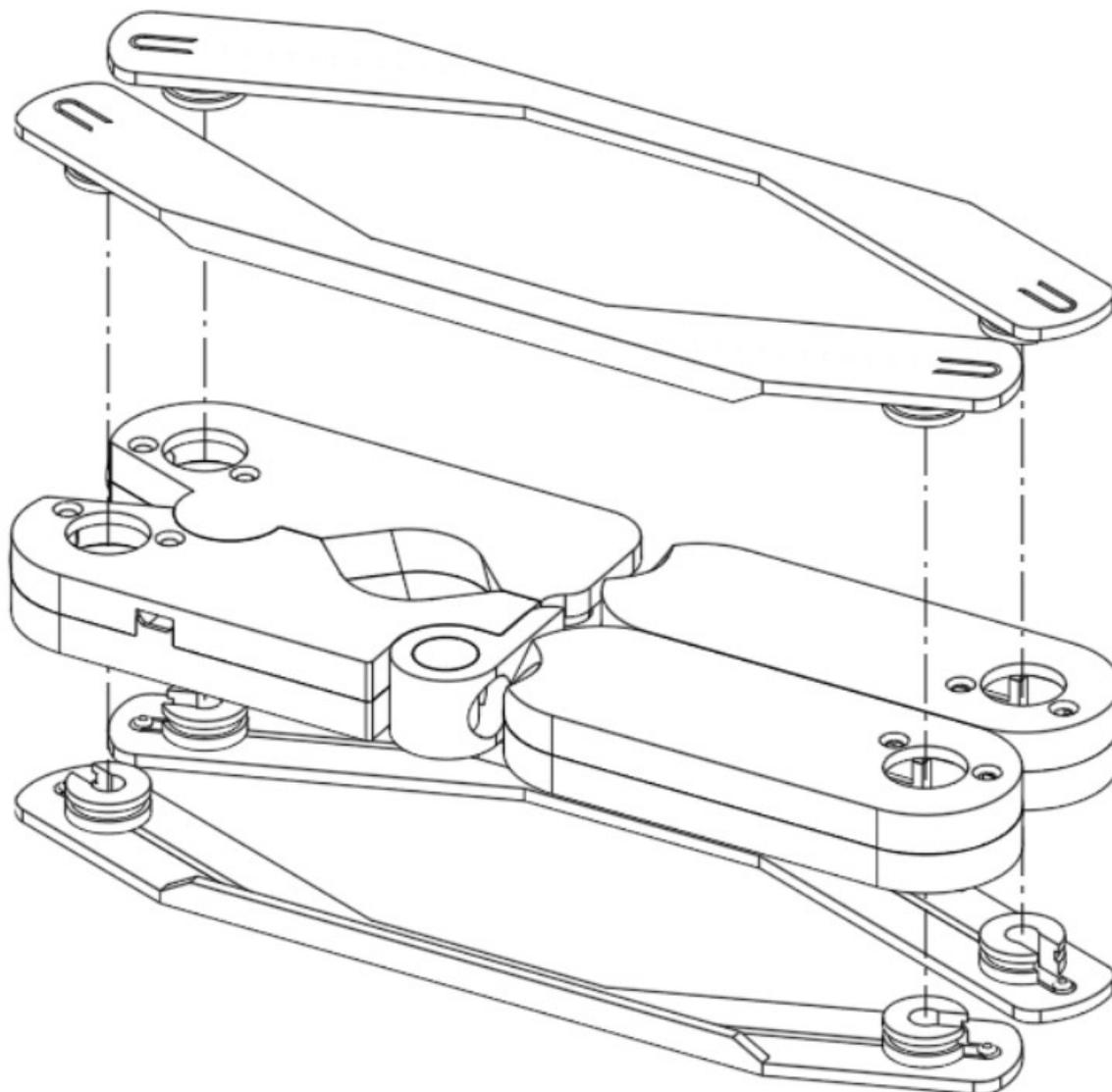
- 1) essere più sottili e visivamente meno invasive a parità di rigidità
- 2) evidenziare i movimenti dell'apertura e montaggio in quanto creano un limite fisico alla rotazione dei pezzi che compongono il prodotto.
- 3) Nascondere e proteggere la telecamera posta sulla estremità della freccia quando il dispositivo è in posizione chiusa,



Disegno 12: Dettaglio delle bacchette

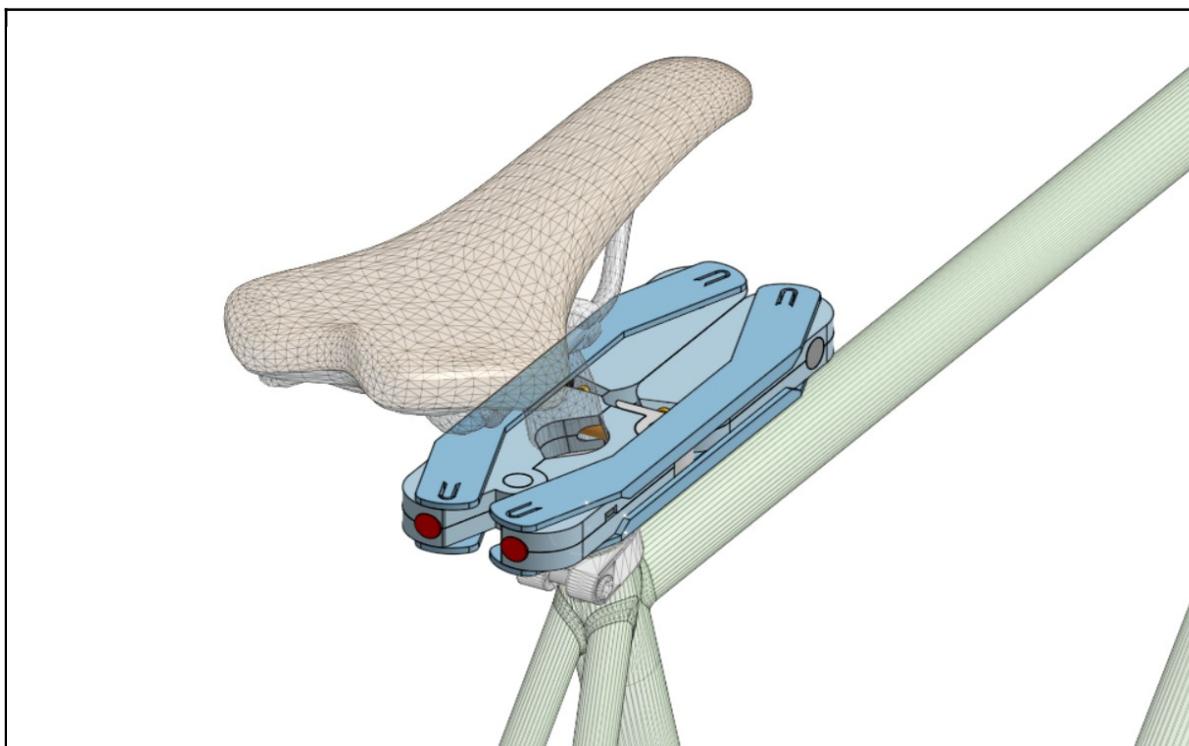
Le bacchette sono inoltre totalmente simmetriche, a tutti gli effetti è un solo elemento disposto in quattro modi diversi.

L'accoppiamento stabile è garantito da dei seeger che non permettono l'uscita dei perni di rotazione dalle loro posizioni.



Disegno 13: Esploso della costruzione

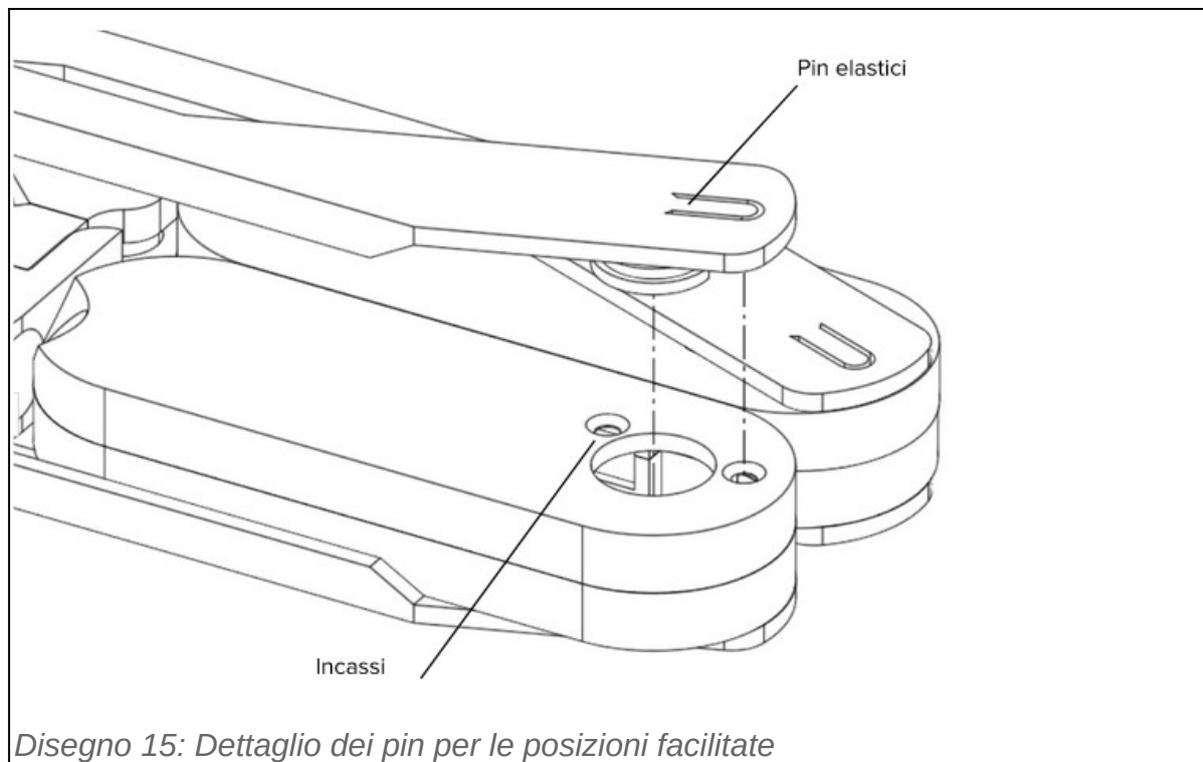
La forma delle bacchette permette inoltre di chiudere il prodotto anche quando è installato sulla bicicletta.

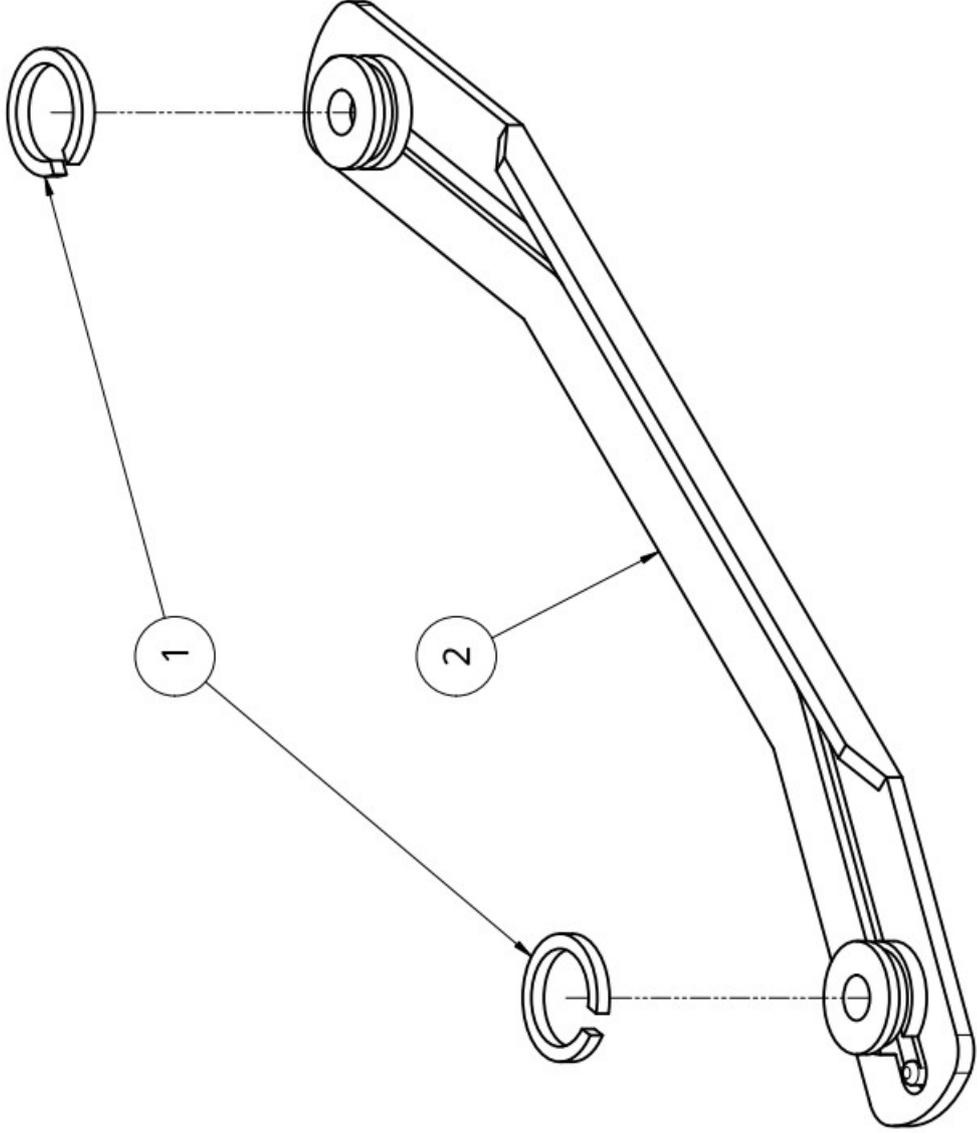


Disegno 14: Il prodotto chiuso e installato sulla bicicletta

Sistema di blocco delle posizioni

Il prodotto prevede dei posizionamenti facilitati grazie a dei pin elastici che si inseriscono in alcune cavità appositamente predisposte.





N. elemento	Quantità	Descrizione
1	2	Seeger
2	1	Bacchetta

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGULAR = ± °	DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE
	CHECKED	STEFANO MURA		2023-04-04
	APPROVED			
SURFACE FINISH	MATERIAL		FINISH	
DO NOT SCALE DRAWING				
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS				
FIRST ANGLE PROJECTION				

TITLE

Bacchetta

SIZE DWG NO.

A4

REV.

SCALE 1:1

WEIGHT

SHEET

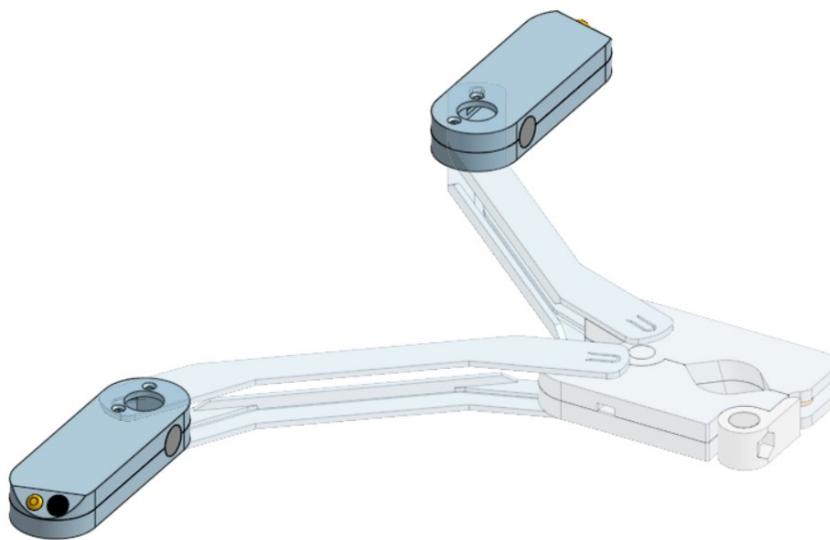
1 of 1

Frecce

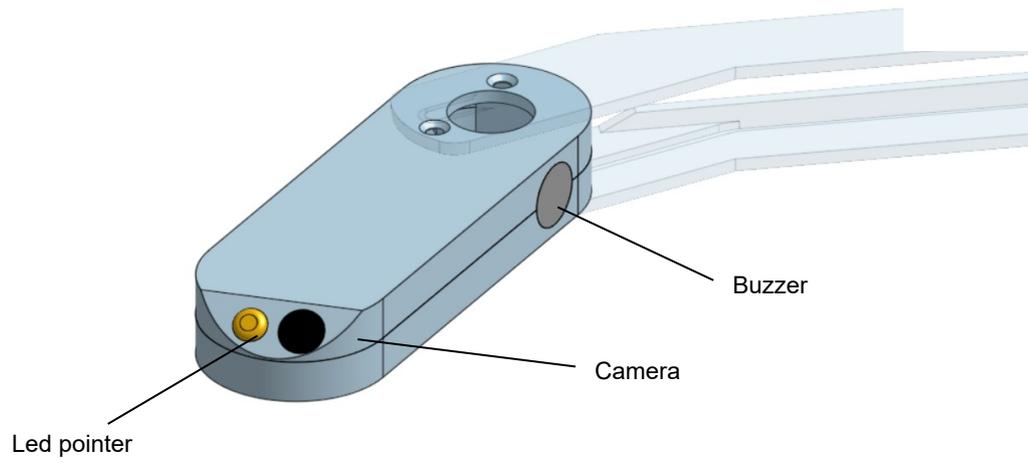
Le frecce contengono la parte digitale del sistema, ovvero il sistema ottico di acquisizione ed elaborazione delle immagini, ed il modello di riconoscimento. In più contengono ovviamente il sistema di illuminazione.

Il dispositivo prevede un feedback sonoro per l'utente, quindi sono presenti due Buzzer disposti verso l'utilizzatore.

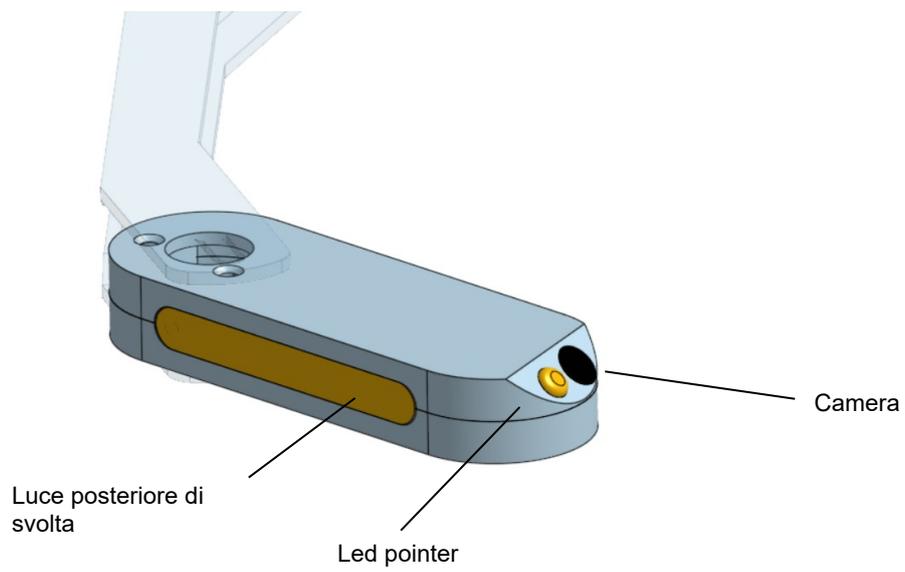
Sono presenti, oltre alle classiche illuminazioni fisse, due puntatori led per illuminare il braccio del ciclista e aumentarne così la visibilità nel momento della svolta,



Disegno 16: Dettaglio delle frecce



Disegno 17: Componenti dell'elemento



Disegno 18: Componenti da un'altra visuale

5.6 Render







6 Analisi dell'interazione

Accensione

Figura 27:

Il prodotto è sempre pronto ad accendersi.

Quando è in modalità stand-by, tutte le luci sono spente.

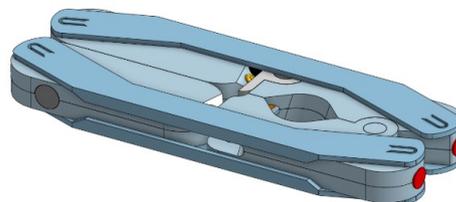


Figura 27: Modalità stand-by

Figura 28:

Appena viene mosso, il prodotto riconosce del movimento e si accende automaticamente.

Quando è acceso, la luce posteriore rossa si accende ad intermittenza (lenta) per notificare l'avvenuta accensione.

Un tono sonoro con una nota apposita rafforza il segnale di avvenuta accensione.

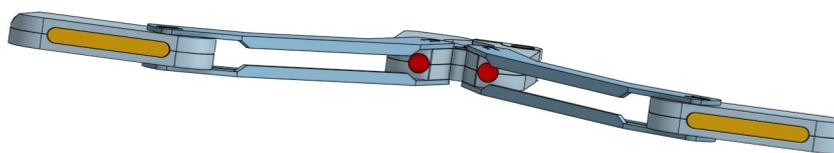


Figura 28: Modalità acceso

Segnalare la svolta

Figura 29:

Una volta acceso, il **prodotto** è pronto a riconoscere i gesti dell'utente.

Quando è acceso il dispositivo presenta le luci posteriori rosse accese.



Figura 29: Modalità acceso

Figure 30 e 31

Una volta effettuato il gesto per “mettere la freccia”, il prodotto accende le luci arancioni lateralmente (coerentemente al gesto di svolta riconosciuto: destra/sinistra), sia quella posizionata sul dispositivo, sia quella puntata verso il braccio teso del ciclista ed emette un suono con un tono caratteristico ed univoco per dare un feedback all'utente dell'avvenuto riconoscimento della gesture.



Figura 30: Riconoscimento gesture mano sinistra

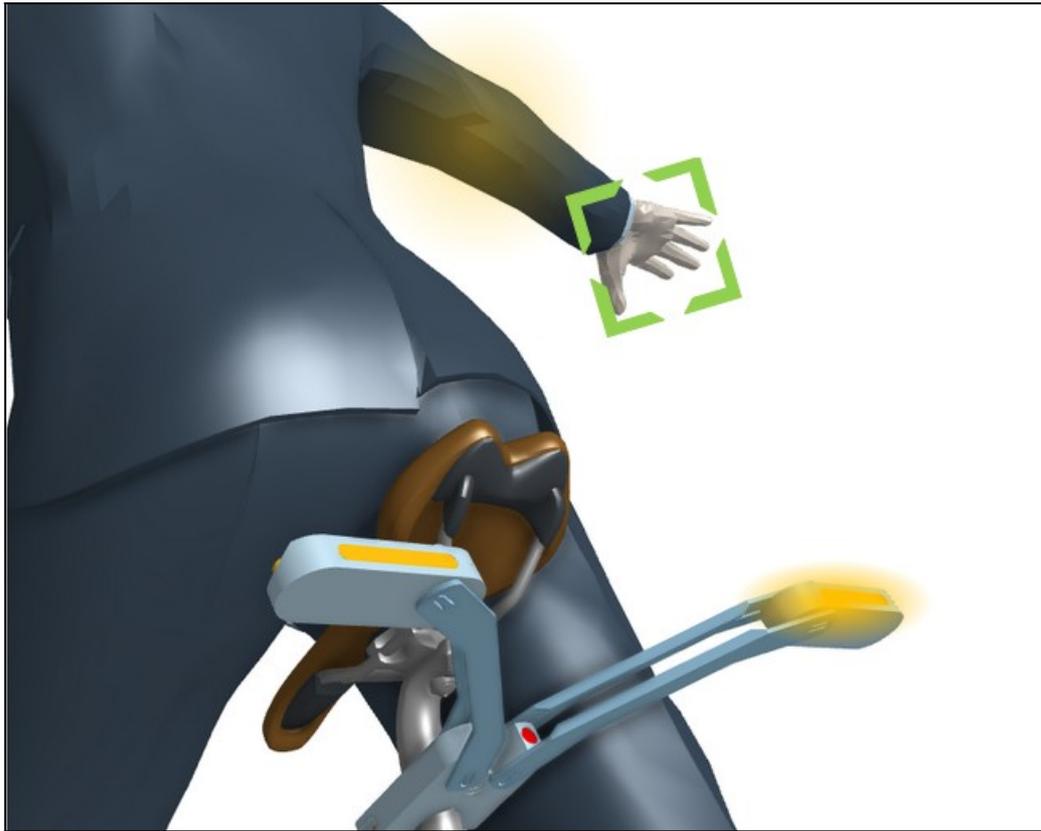


Figura 31: Riconoscimento gesture mano destra

Spegnimento

Figura 32:

Quando viene riposto, il prodotto non percepisce più movimenti e dopo 30 secondi di inutilizzo entra nella modalità di stand-by a basso consumo.

Nella modalità di stand-by, tutte le luci sono costantemente spente.

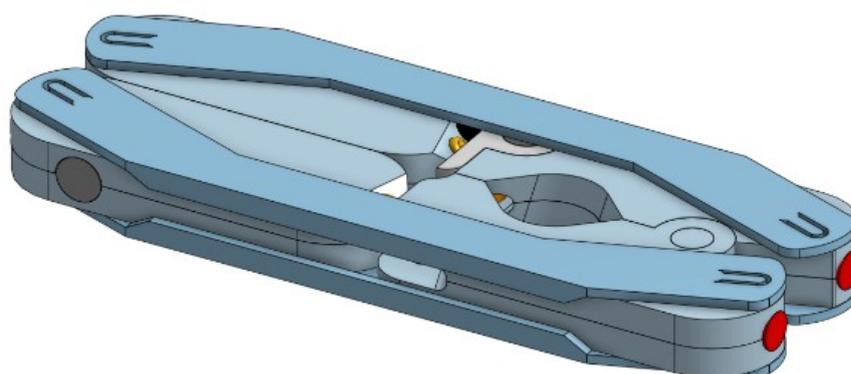


Figura 32: Modalità stand-by







7 Prototipo

Per verificare sul campo l'applicabilità del dispositivo ideato, è stato realizzato un prototipo che ne replicasse le forme e le principali funzionalità.

Nei paragrafi seguenti vi è un dettaglio delle caratteristiche hardware e software.

7.1 Hardware

Microcontrollore

In fase di analisi preliminare è stato ipotizzato l'uso di un sistema basato su microprocessore in grado di far girare efficacemente le librerie **Tensor Flow** per il riconoscimento delle gestures.

In fase di prototipazione però sono stati presi in considerazione altri due aspetti non secondari:

- In primis la possibilità di realizzare un prototipo funzionante basato su delle schede di prototipazione esistenti sul mercato
- Prevedere inoltre l'utilizzo di microcontrollori di basso (se non bassissimo) costo, al fine di rendere più appetibile l'eventuale prodotto finale sul mercato.

La necessità di realizzare un dispositivo di **dimensioni ridotte e di costo limitato** ha comportato quindi delle scelte decisamente importanti dal punto di vista della capacità di calcolo.

Contrariamente ai test realizzati in fase di analisi preliminare, realizzati con uno smartphone, quindi un microprocessore decisamente prestante e costoso, per quanto riguarda il prototipo ci si è rivolti verso il dispositivo più economico tra quelli certificati come funzionanti dalla libreria Tensor Flow⁴³, ovvero il chip **Espressif ESP32**.



Come prezzo unitario, se comprato in grosse quantità, il **costo del processore è di soli circa 4€⁴⁴**.

43 - Vedi: <https://blog.tensorflow.org/2020/08/announcing-tensorflow-lite-micro-esp32.html>

44 - Vedi: <https://www.digikey.it/it/products/detail/espressif-systems/ESP32-WROVER-N4R8/8544295>



In particolare è stata scelta la scheda di prototipazione Freenove ESP32-WROVER CAM Board che nel suo kit base include:

- ESP32-Wrover-E Chip con 4MB PSRAM
- 240 MHz Dual Core CPU
- Built-in USB-to-UART (CH340C drivers) (per la programmazione rapida da PC)
- Camera OV2640 da 2 Megapixel
- Indicatori LED interni
- Antenna wifi integrata

La presenza del **modulo wifi** non è indispensabile per il prodotto finale, ma in ambito di programmazione è stata fondamentale per il training delle librerie di ML.

Camera

Nel kit Freenove ESP32-WROVER CAM è già presente una camera di tipo OV2640, ne è stata però utilizzata una diversa che ha un cavo di collegamento più lungo per una più facile sistemazione all'interno del prototipo e con un angolo di campo leggermente maggiore.

Led

Nel prototipo sono stati utilizzati solamente led standard di prototipazione abbinati a dei resistori da 200ohm.

Buzzer

Nel prototipo sono stati utilizzati due Buzzer da prototipazione, tagliati nell'involucro esterno per utilizzare meno spazio.



7.2 Software

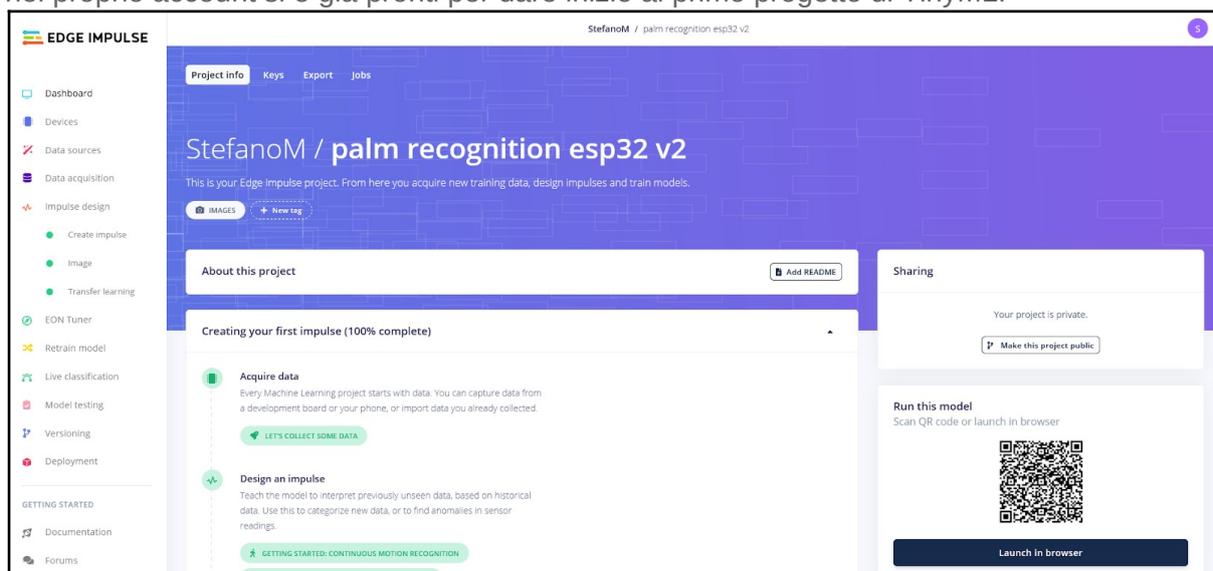
Per il software di riconoscimento delle immagini è stato utilizzato la piattaforma di sviluppo Edge Impulse⁴⁵.

Edge Impulse consente l'utilizzo dell'apprendimento automatico a tutti gli sviluppatori con un SDK (Software Development Kit) per dispositivi open source. Edge Impulse consente la raccolta semplice di dati reali dai sensori, l'elaborazione di segnali in tempo reale, test e distribuzione su qualsiasi dispositivo di destinazione. Gli SDK open source offerti da Edge Impulse consentono di raccogliere dati o distribuire codice su qualsiasi dispositivo.

Il software generato per il dispositivo scelto, inclusi SDK, client e codice generato, viene fornito come open source con una licenza Apache 2.0. La collaborazione con il progetto TensorFlow Lite Micro consente di supportare la più ampia gamma di architetture, operatori e target per il ML.

Edge Impulse è gratuito per i singoli sviluppatori. Una versione aziendale è disponibile su abbonamento per team di livello mondiale che implementano TinyML in prodotti innovativi.

Edge impulse risulta semplice ed intuitivo da utilizzare fin da subito. Dopo aver fatto il login nel proprio account si è già pronti per dare inizio al primo progetto di TinyML.



Nel corso dello sviluppo del prototipo sono stati testati vari algoritmi di ML affinati di volta in volta per combinare un efficace riconoscimento delle immagini a dei tempi di risposta sufficientemente rapidi per risultare usabili. Non va dimenticato infatti che il chip esp32 pur essendo sufficientemente potente, presenta dei limiti di elaborazione e di RAM notevoli che devono essere opportunamente gestiti tramite un fine-tuning apposito della libreria.

Come schema di progetto è stato scelto la tipologia “Object classification” che attualmente è l’unica che permette tempi di esecuzione sufficientemente rapidi su microcontrollore ESP32.

Per il training sono state scattate circa 770 immagini (distinte in circa 500 contenenti una mano e 200 dell’ambiente senza la mano) utilizzando sia la camera presente sulla scheda di prototipazione, sia la webcam di un PC portatile.

Questo aspetto è fondamentale perchè nei vari test effettuati si è notato che avere delle

45 - <https://www.edgeimpulse.com/>

immagini ottenute con la medesima camera che poi avrà il compito di fornire quelle da riconoscere, migliora notevolmente il grado di precisione della predizione.

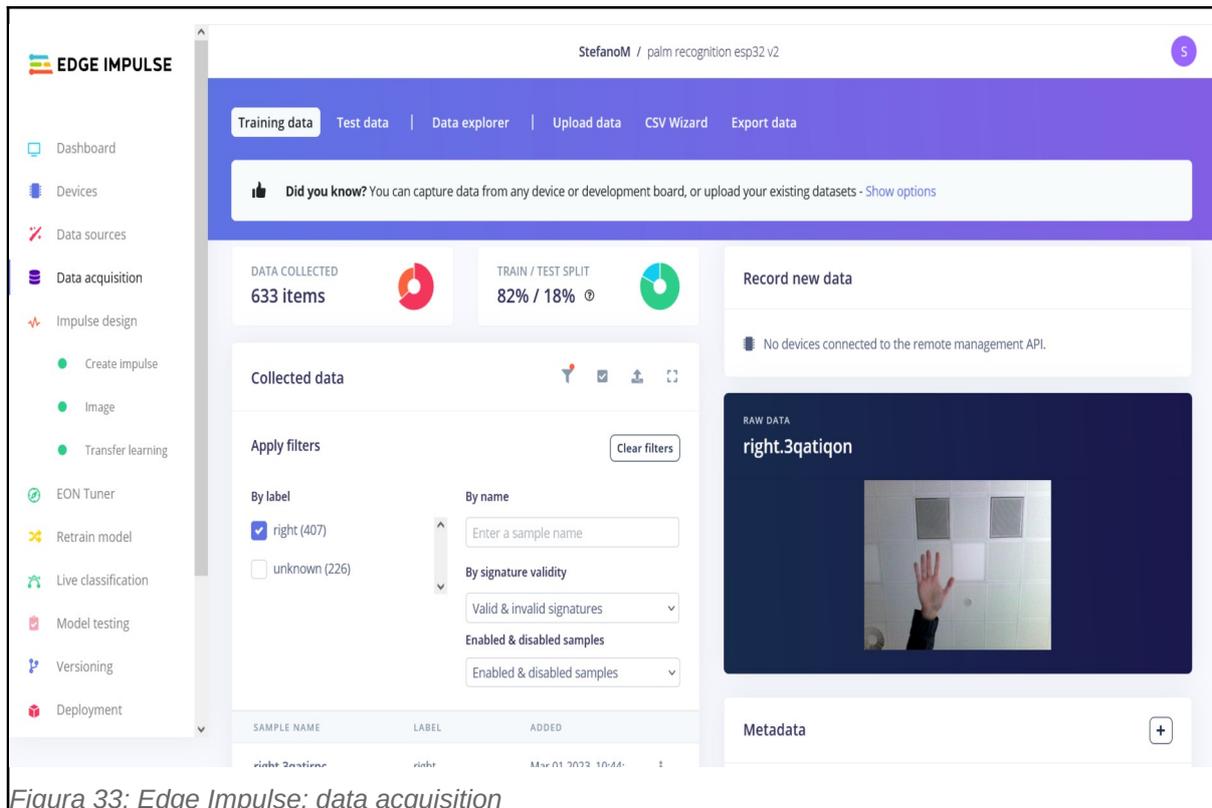


Figura 33: Edge Impulse: data acquisition

Per quanto riguarda i parametri di training, dopo alcune prove sono stati impostati come di seguito elencati:

- Image width /height: 96x96
- Resize mode: squash (in questo modo si continua ad avere tutto il FOV della camera)

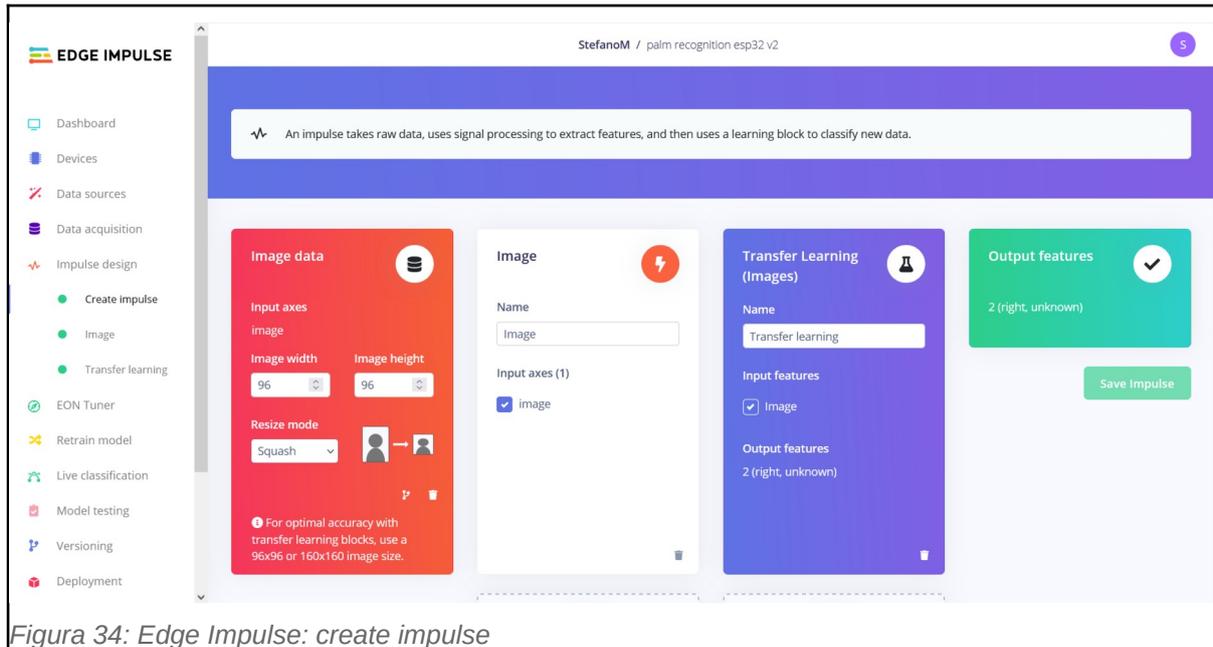


Figura 34: Edge Impulse: create impulse

- Color depth: RGB
- Number of training cycles: 100
- Learning rate: 0,0005
- Validation set size: 20%
- Auto-balance dataset: si
- Data augmentation: si
- MobileNetV2 96x96 0.05 (final layer: 8 neurons, 0.1 drop)

Dopo il training, il grado di accuratezza dichiarato è stato del 97.6% ed il tempo di elaborazione (stimato) di circa 1,1s.

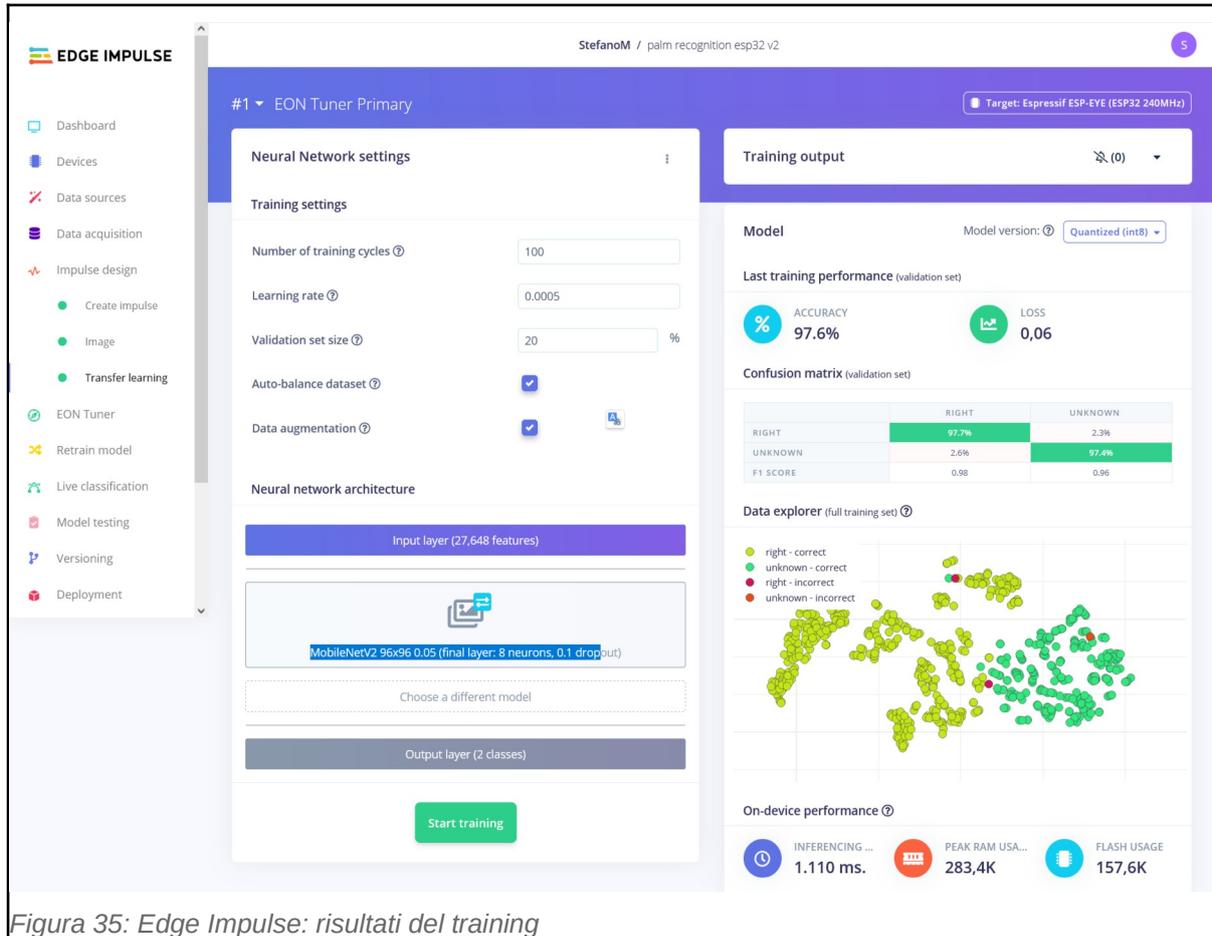


Figura 35: Edge Impulse: risultati del training

La validazione con il restante set di dati di test ha confermato la precisione del riconoscimento.

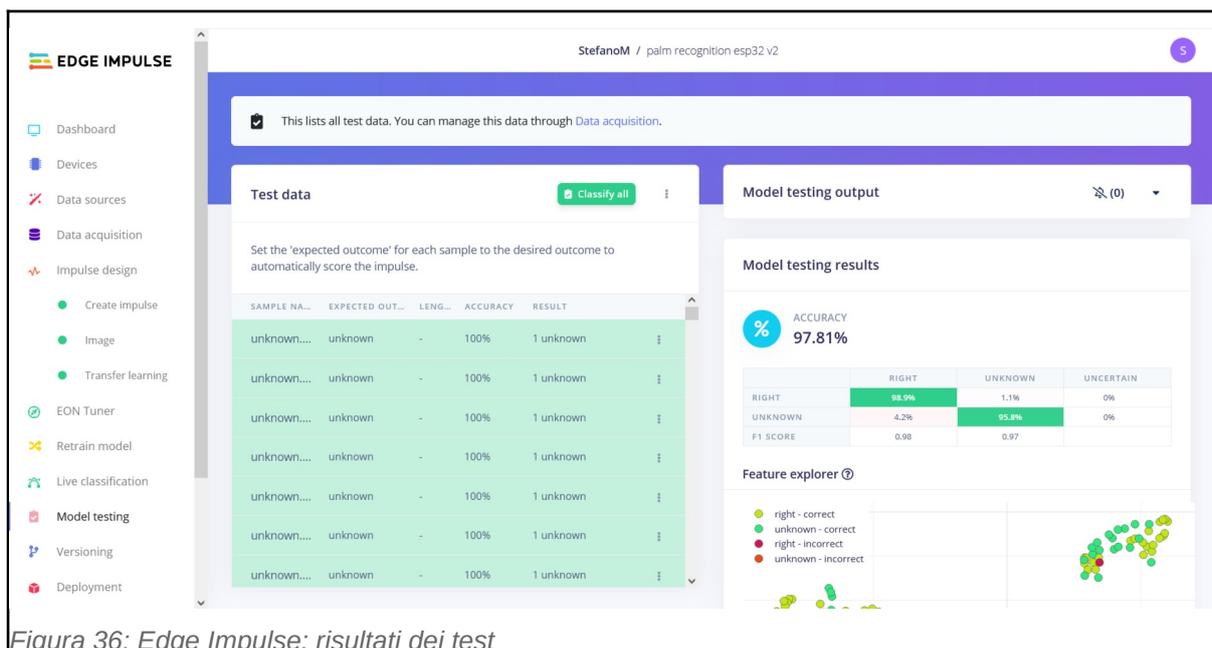


Figura 36: Edge Impulse: risultati dei test

Per la costruzione del prototipo sono state scelte le funzionalità più significative dal punto di vista dell'interfaccia (mentre sono state escluse quelle più facilmente ricercabili tramite l'acquisizione sul mercato di prodotti specifici, come luci e lampade in generale) ed in particolare:

- Riconoscimento delle gesture "freccia"
- Accensione e spegnimento automatici

Questo ha fatto sì che il codice prodotto dalla piattaforma Edge Impulse non fosse immediatamente utilizzabile ma andasse altresì modificato all'interno di una libreria di riconoscimento "Motion Capture".

La libreria utilizzata è quella resa disponibile tramite il repository standard di Arduino denominata "Eloquent ESP32 Cam".

Tramite questa libreria si è potuta realizzare la funzione di spegnimento e riconoscimento automatici attraverso il riconoscimento del fatto che le camere del dispositivo non rilevassero per tot tempo del movimento.

In questo modo si è semplificato il sistema senza dover ricorrere ad ulteriori sensori (ad esempio una alternativa sarebbe stata l'uso di un accelerometro) o pulsanti esterni o integrati nel movimento di apertura del prodotto.

Codice sorgente

Si riporta per completezza il codice in C usato per il prototipo:

```
/**
 * Run Edge Impulse noFOMO model on the Esp32 camera
 * Stefano Mura
 * Tesi: La sicurezza in bicicletta: Segnalatore intuitivo di direzione per biciclette
 */

#define MAX_RESOLUTION_VGA 1

//Librerie

#include <palm_recognition_esp32_v2_inferencing.h>//libreria EdgeImpulse ver=1.0.8
#include "esp32cam.h"
#include "esp32cam/tinym1/edgeimpulse/noFOMO.h"
#include "esp32cam/JpegDecoder.h"
#include "esp32cam/motion/Detector.h"
#include "esp32cam/motion/SimpleChange.h"
#include <ToneESP32.h>

Eloquent::Esp32cam::Cam cam;
```

```

Eloquent::Esp32cam::TinyML::EdgeImpulse::noFOMO fomo;

Eloquent::Esp32cam::JpegDecoder decoder;

Eloquent::Esp32cam::Motion::SimpleChange algorithm;

Eloquent::Esp32cam::Motion::Detector detector(algorithm);

//const

#define uS_TO_S_FACTOR 1000000ULL // Conversion factor for micro seconds to seconds
#define TIME_TO_SLEEP 2 // Time ESP32 will go to sleep (in seconds)

#define LED_BUILTIN 2

#define BUZZER_PIN 12

#define RED_PIN 13

#define LED_PIN 15

#define SPOT_PIN 14

#define BUZZER_CHANNEL 0

#define durata 300 // tune lenght in ms

#define soglia 0.97 // hand recognition theshold

#define GO_SLEEP_AFTER 120 // mpu cycles to go in sleep mode

#define differby 70 // threshold value for motion detection

//vars

RTC_DATA_ATTR int noMotionCount = 0;

ToneESP32 buzzer(BUZZER_PIN, BUZZER_CHANNEL);

bool isSleeping = true;

int freccia = 0;

/*
Setup motion detector
*/

void setupSleeper() {
    detector.trainFor(30);

    detector.retrainAfter(33ULL * 600);

    detector.triggerAbove(0.20);

    detector.denoise();

    algorithm.differBy(differby);

    algorithm.smooth(0.9);

    algorithm.onlyUpdateBackground();
}

```

```

/*
Go to sleep function
*/
void gotosleep() {
    //turn off led
    digitalWrite(RED_PIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW

    buzzer.tone(NOTE_D5, 250);
    buzzer.tone(NOTE_B4, 250);
    buzzer.tone(NOTE_G4, 250);

    noMotionCount = GO_SLEEP_AFTER - 13;
    isSleeping = true;
    esp_sleep_enable_timer_wakeup(TIME_TO_SLEEP * uS_TO_S_FACTOR);

    //Going to sleep now
    Serial.flush();
    esp_light_sleep_start();
}
/*
Motion detection function
*/
void isMotion() {
    if (!decoder.decode(cam)) {
        Serial.println(decoder.getErrorMessage());
        return;
    }
    if (!detector.update(decoder.luma)) {
        Serial.println(detector.getErrorMessage());
        return;
    }
    if (detector.triggered()) {
        Serial.println("Motion");
        digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
        delay(50);
        digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
    }
}

```

```

if (noMotionCount >= GO_SLEEP_AFTER - 13 and noMotionCount < GO_SLEEP_AFTER - 3) {
    //bug! first 10 cycle are wrong, excluded
    Serial.println("no Wake up");
} else {
    Serial.println("Wake up");
    //wake up music!
    noMotionCount = 0;
    if (isSleeping) {
        buzzer.tone(NOTE_G4, 250);
        buzzer.tone(NOTE_B4, 250);
        buzzer.tone(NOTE_D5, 250);
        digitalWrite(RED_PIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
        isSleeping = false;
    }
}
}

++noMotionCount;

if (noMotionCount > GO_SLEEP_AFTER) gotosleep();
}

/*
Main Setup function
*/

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(3000);
    Serial.println("Init");
    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    pinMode(SPOT_PIN, OUTPUT);

    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    digitalWrite(SPOT_PIN, LOW);

    cam.wrover();
    cam.bestQuality();
}

```

```

cam.highestSaturation();

cam.vga();

//cam.disableAutomaticWhiteBalance();

//cam.disableAutomaticExposureControl();

//cam.disableGainControl();

setupSleeper();

while (!cam.begin()) {

    Serial.println("init error");

    Serial.println(cam.getErrorMessage());

}

}

*

Main function

*/

void loop() {

    if (!cam.capture()) {

        Serial.println(cam.getErrorMessage());

        delay(1000);

        return;

    }

    if (!isSleeping and !detector.isTraining()) {

        // run noFOMO model

        if (!fomo.detectObjects(cam)) {

            Serial.println(fomo.getErrorMessage());

            delay(1000);

            return;

        }

        for (size_t ix = 0; ix < EI_CLASSIFIER_LABEL_COUNT; ix++) {

            //Print results

            ei_printf("    %s: %.5f\n", fomo.result.classification[ix].label,

                    fomo.result.classification[ix].value);

            if (fomo.result.classification[ix].label == "right_hand" and

                fomo.result.classification[ix].value > soglia) {

                Serial.println("found!");

                freccia = 3;

            }

        }

    }

}

```

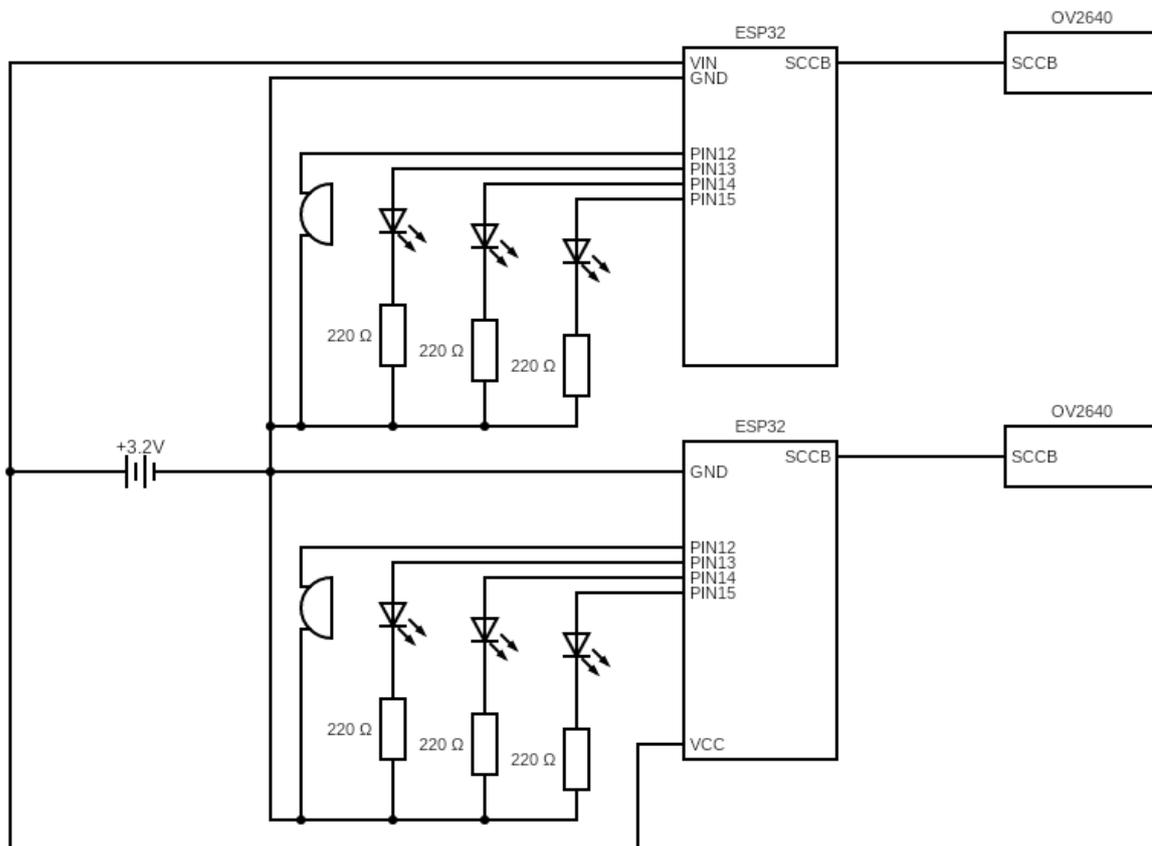
```
noMotionCount = 0;
}
}
}
if (freccia > 0) {
    // tone
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    digitalWrite(SPOT_PIN, HIGH);
    buzzer.tone(NOTE_A4, 250);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    digitalWrite(SPOT_PIN, LOW);
    freccia--;
}

isMotion(); //is there motion or goto sleep
}
```

■ ■ ■

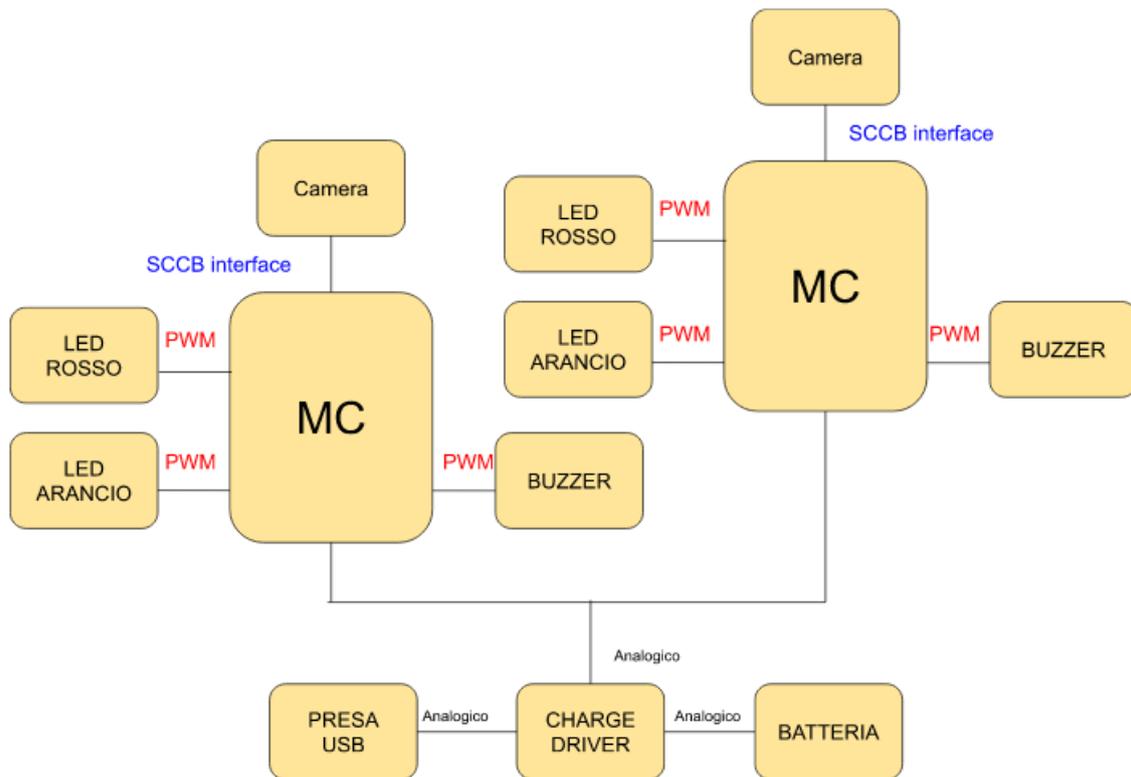
7.3 Schematici

Lo schema del prototipo come detto nel capitolo precedente è stato semplificato nel numero di componenti. Nonostante ciò, gli schematici di base del sistema risultano comunque necessariamente complessi:



7.4 High level diagram

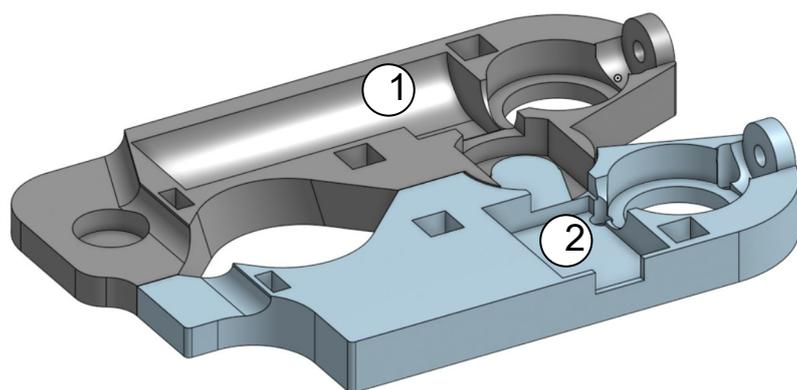
Questo il diagramma ad alto livello del sistema:



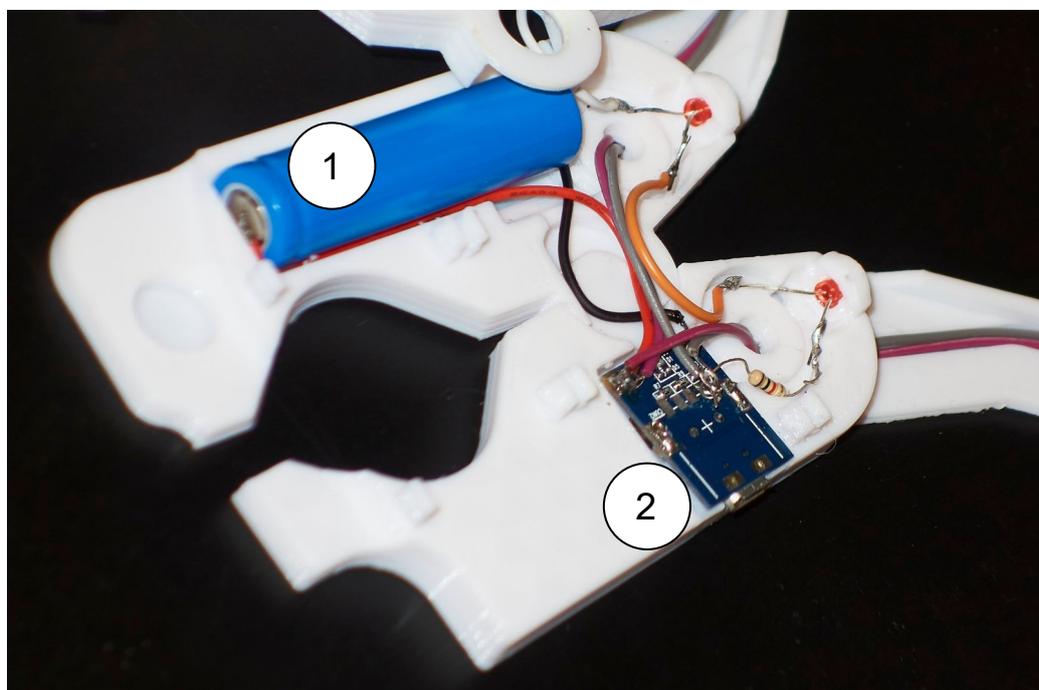
7.5 Realizzazione

Il prototipo è stato realizzato tramite una stampante 3d. Gli incastri e le cerniere hanno avuto bisogno di una particolare cura dato il basso livello di precisione dello strumento utilizzato, per tutti gli accoppiamenti sono state date delle tolleranze tra i 2 e i 4 decimi di millimetro.

Corpo centrale



- 1) spazio per la batteria
- 2) spazio per il chip di ricarica



Disegno 19: Corpo centrale realizzato in stampa 3d

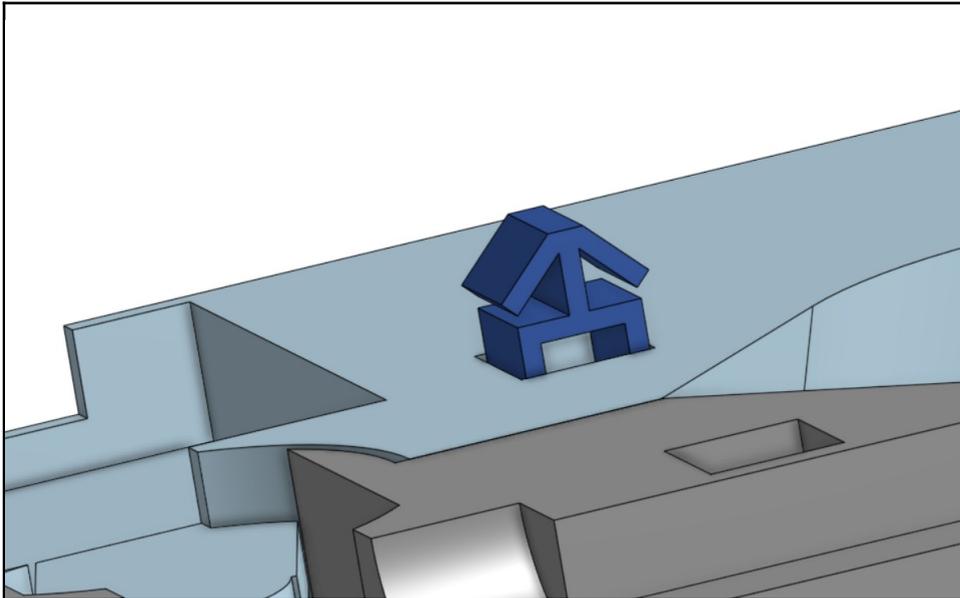


Figura 37: Dettaglio pin incastri

Bacchette

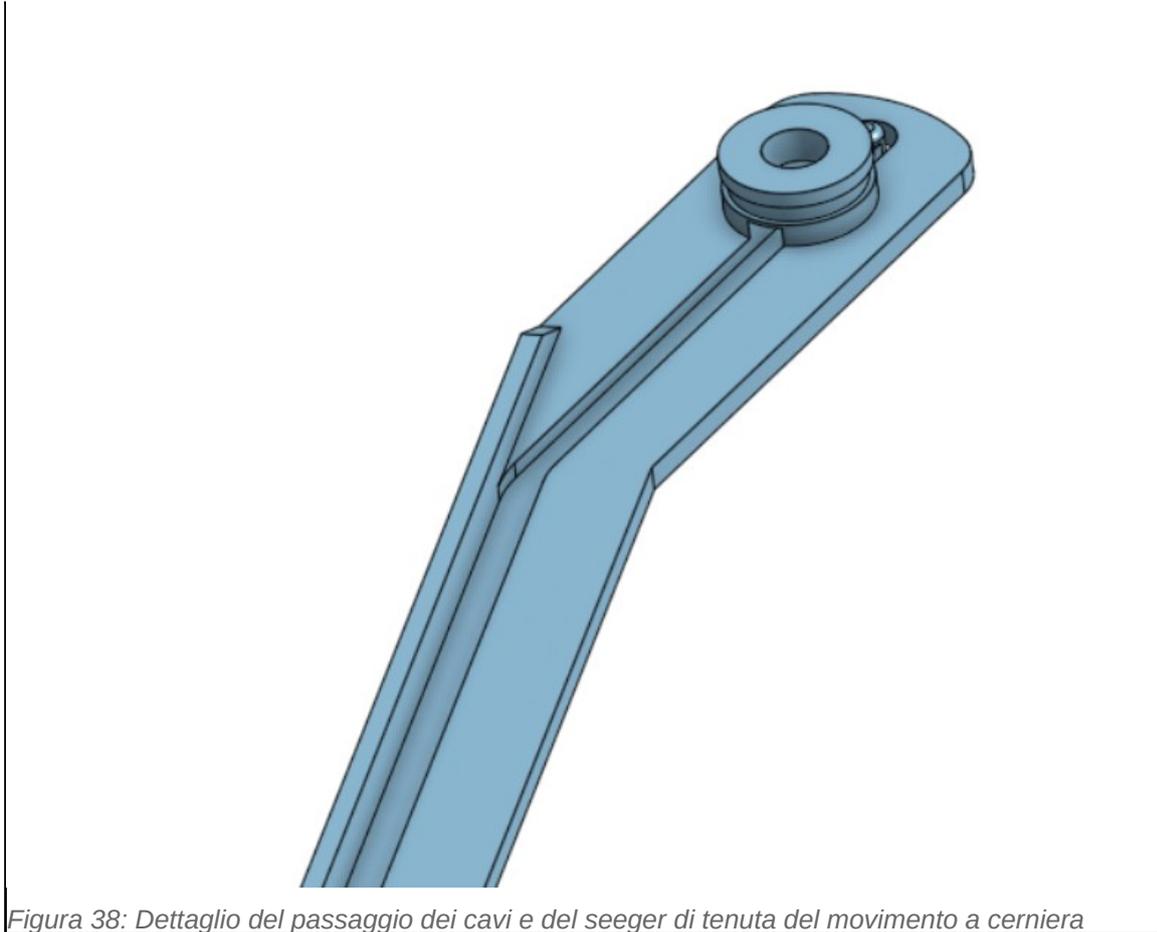


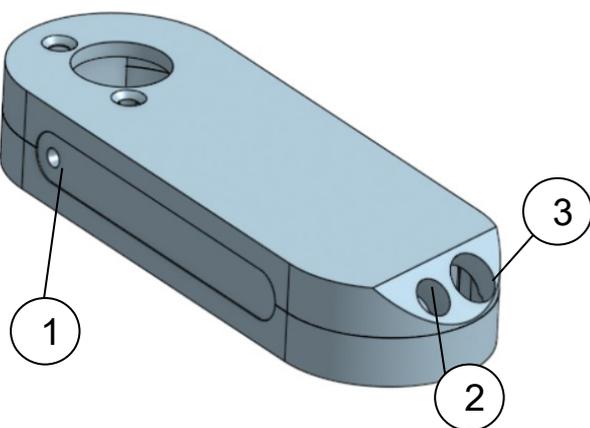
Figura 38: Dettaglio del passaggio dei cavi e del seeger di tenuta del movimento a cerniera



Figura 39: Bacchetta realizzata in stampa 3d

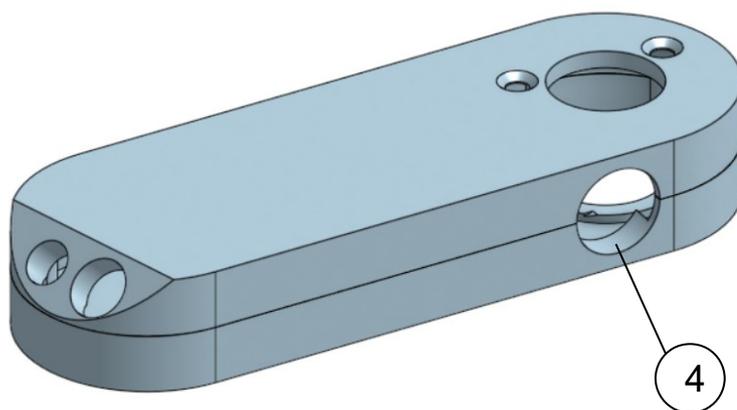
Frecce

La posizione dei LED è coerente con quella che assumono le luci del prodotto.

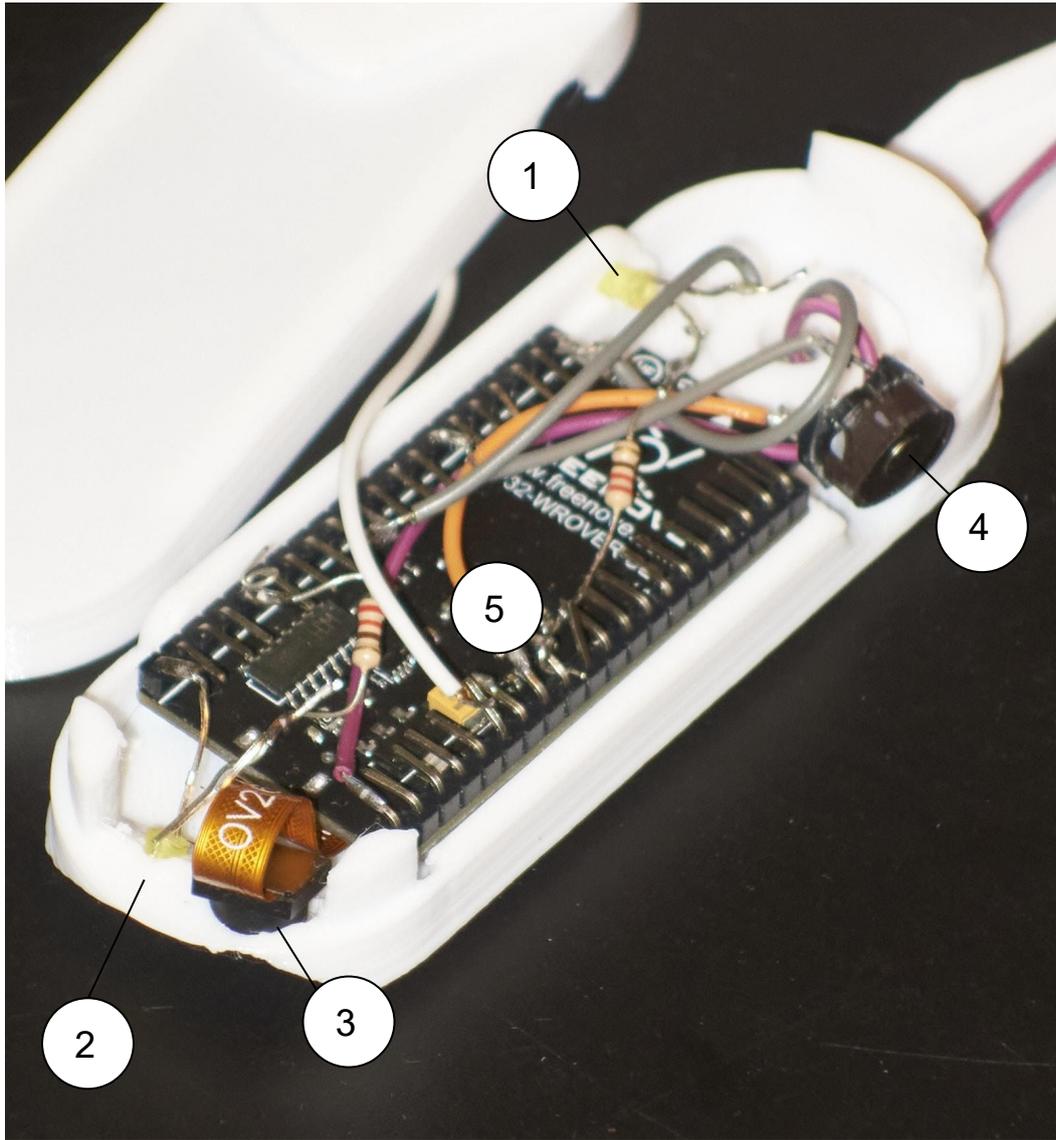


- 1) Foro per led posteriore
- 2) foro per led superiore
- 3) foro per la camera

Il Buzzer è stato rivolto verso l'utilizzatore.



- 4) foro per il buzzer



- 1) Foro per led posteriore
- 2) foro per led superiore
- 3) foro per la camera
- 4) foro per il buzzer
- 5) Microcontrollore ESP32





8 Conclusioni

Il prototipo realizzato rispecchia quelle che erano le caratteristiche individuate del prodotto, e le semplificazioni scelte in fase di prototipazione. In particolare è stata posta cura nell'individuare delle gesture che spostassero l'onere (per così dire) del mapping dall'utente al prodotto. Ovvero sono state scelte delle gesture per attivare le funzionalità del prodotto (l'illuminazione dei vari led, in particolare) che l'utente farebbe comunque, anche se non avesse il prodotto con sé. Il gesto di "mettere la freccia" con il braccio è un gesto comune che ogni ciclista fa, a prescindere se ha o se ha mai avuto il prodotto.

Per questo nello scrivere il codice del prototipo sono state scartate delle soluzioni di attivazione e disattivazione dei LED che sarebbero state sicuramente di più facile realizzazione e di sicuro successo in fase di test, ma che però non corrispondevano ai gesti che erano stati rilevati e scelti in fase di analisi.

Per lo stesso motivo è stato scelto il concetto dell'always-on del sistema. Anche in questo caso l'onere del mapping è stato spostato dall'utente al prodotto, che rileva in maniera automatica l'intenzione di essere usato dal movimento ed entra da solo in modalità a basso consumo quando invece rileva di essere stato riposto.

Per concludere, vista la relativa semplicità del prodotto, mi auguro di poterlo realizzare in uno stato di "prodotto da autocostruzione" migliorando ulteriormente gli accoppiamenti dei pezzi che ne compongono la scocca e utilizzando delle luci "effettive" per poterlo "provare sul campo" e raccogliere eventuali feedback di qualche utilizzatore.





Bibliografia e sitografia

Bibliografia:

- "Mobilità e trasporto per le strade del nostro futuro", Pasquale Colonna, Dipartimento di Strade e Trasporti Politecnico di Bari, 2009
- Sofocle, Antigone, trad. di C. Sbarbaro, Bompiani, Milano 1943
- "A Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning", UNECE, 2020
- "How COVID-19 Will Shape Urban Mobility", Julien Bert, Daniel Schellong, Markus Hagenmaier, David Hornstein, Augustin K. Wegscheider e Thomas Palme, 2020
- "Open Streets", Comune di Milano, 2020
- "1° RAPPORTO SULL'ECONOMIA DELLA BICI IN ITALIA E SULLA CICLABILITÀ NELLE CITTÀ", Legambiente, 2017
- "Traffic Safety Basic Facts 2018", European Road Safety Observatory, 2018
- "Pedestrian conspicuity research: A review", Langham e Moberly, 2003
- "L'UTILIZZO DI MATERIALI RETRORIFLETTENTI NELLA PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI NEI CICLISTI", Manuela Bellelli, Università degli studi di Padova, 2015
- "Visibility aids for pedestrians and cyclists: a systematic review of randomised controlled trials, in Accident Analysis and Prevention" Kwan, I., Mapstone, J. , 2004.
- "Using reflective clothing to enhance the conspicuity of bicyclists at night. Accident Analysis and Prevention", Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Marszalek, R.P., Lacherez, P.F., Carberry, T.P., Chu, B.S., 2012
- "The influence of bicycle commuter's appearance on drivers' overtaking proximities: An on-road test of bicyclist stereotypes, high-visibility clothing and safety aids in the United Kingdom, in Accident Analysis and prevention", Walker, I., Garrard, I., Jowitt, F. , 2014

Sitografia

Per la Sitografia riferirsi alle note a piè di pagina all'interno del documento.





THE FUTURE OF URBAN MOBILITY? ⁴⁶

46 - Immagine da: <https://spidimagazine.com/2014/05/18/the-future-of-urban-mobility/>





LA SICUREZZA IN BICICLETTA: SEGNALATORE INTUITIVO DI DIREZIONE PER BICICLETTE

ABSTRACT

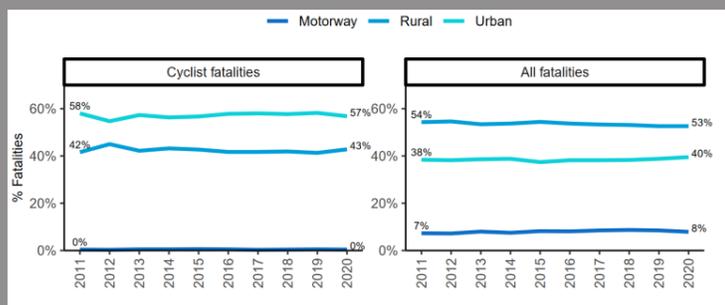
Scopo della ricerca è l'analisi del contesto e degli scenari riguardanti la mobilità urbana in bicicletta con un approccio data-driven, al fine di individuare le eventuali criticità e permettere lo studio di una proposta innovativa al fine di aumentarne la fruibilità. Il caso studio prevede la progettazione di un segnalatore di direzione intuitivo che segue i movimenti naturali del ciclista nel momento della svolta.

I DATI

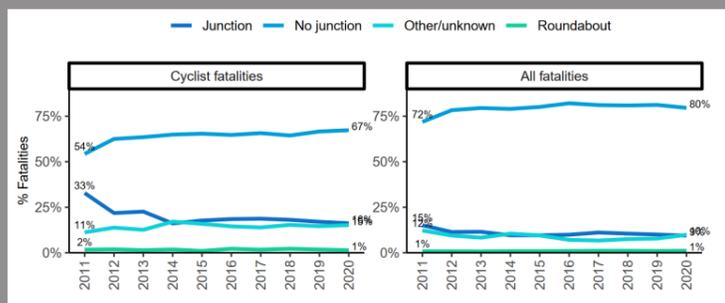


Documento: European Road Safety Observatory - Facts and Figures – Cyclists - 2023

INCIDENTI: DOVE



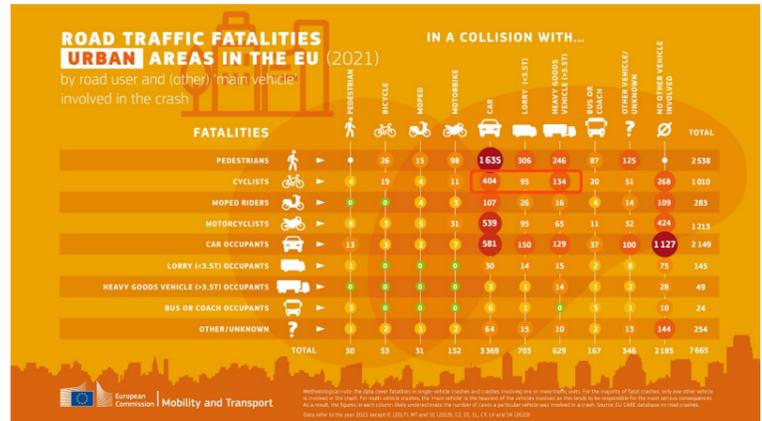
"[...] Compared with all road fatalities combined, far more cyclist fatalities occur on urban roads [...]"



"[...] Compared with all road fatalities, the proportion of cyclist fatalities is lower on road stretches, and considerably higher at intersections. [...]"

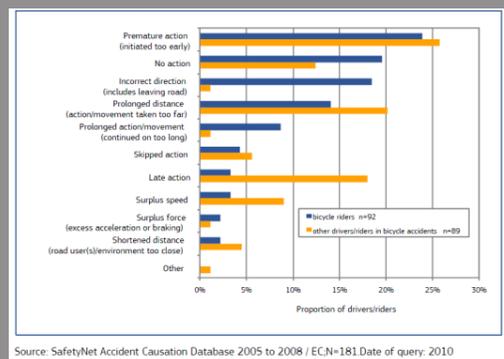


INCIDENTI: COME



La matrice di collisione mostra chiaramente come i ciclisti siano coinvolti quasi esclusivamente in incidenti che coinvolgono mezzi a quattro ruote.

INCIDENTI: PERCHÉ



I dati mostrano chiaramente l'incidenza della scarsa comprensione della direzione tra i veicoli coinvolti ("Incorrect direction") e della scarsa tempestività dell'indicazione dell'azione compiuta ("Premature action").

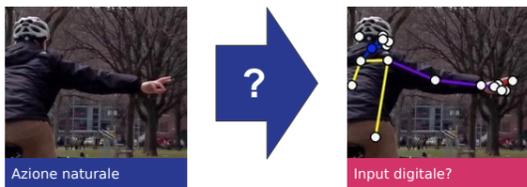
Links between causes	Frequency
Faulty diagnosis - Information failure (driver/environment or driver/vehicle)	13
Observation missed - Faulty diagnosis	6
Observation missed - Inadequate plan	6
Observation missed - Temporary obstruction to view	5
Observation missed - Distraction	4
Observation missed - Permanent obstruction to view	4
Faulty diagnosis - Communication failure	4
Inadequate plan - Insufficient knowledge	4
Observation missed - Inattention	3
Information failure (driver/environment or driver/vehicle) - Inadequate information design	3
Others	22
Total	74

NORMATIVA ESISTENTE



L' art. 154 del C.d.S.
2. Le segnalazioni delle manovre devono essere effettuate servendosi degli appositi indicatori luminosi di direzione. [...] Quando i detti dispositivi manchino, il conducente deve effettuare le segnalazioni a mano, [...] sporgendo, lateralmente, il braccio destro o quello sinistro, qualora intenda voltare.

IL GESTO



Fare diventare una azione naturale un input digitale: spostare l'onere del mapping dall'utente al prodotto. Determinando in maniera chiara i rapporti tra azioni e risultati, in particolare tra comandi ed effetti.

PAROLE CHIAVE

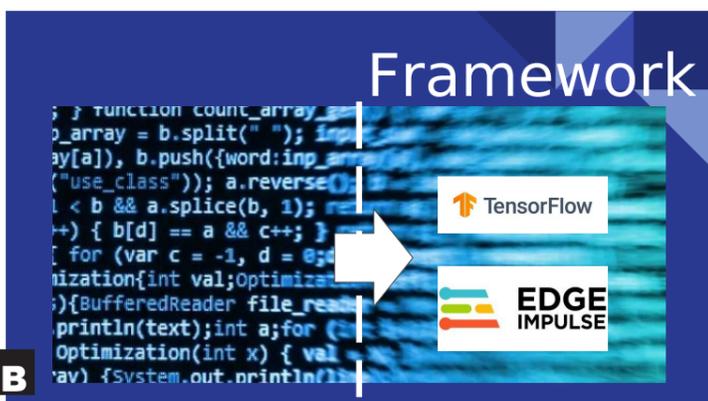
#MACHINELEARNING #GESTURE #OBJECTDETECTION #IMPROVING

TECNOLOGIE ABILITANTI



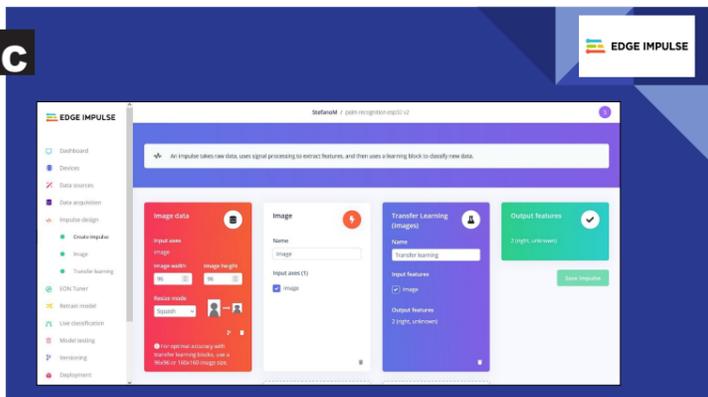
L'hardware abilitante il riconoscimento di una gestura diventa ogni anno sempre più economico e accessibile

FRAMEWORK



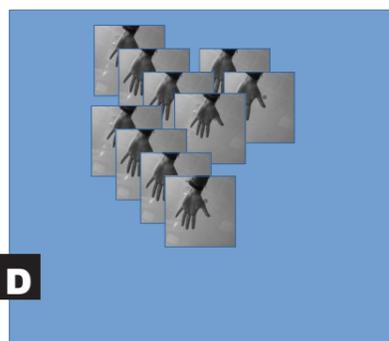
Nuovi Framework permettono di realizzare algoritmi di Machine Learning senza scrivere necessariamente del codice.

La facilità di utilizzo permettono l'implementazione di tecnologie complesse anche a designer non specializzati in tecniche di Machine Learning.

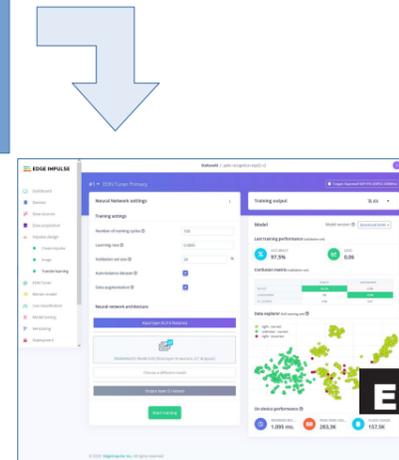


TRANSFER LEARNING

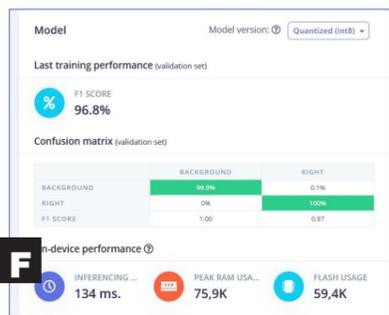
"Transfer learning is a machine learning method where a model developed for a task is reused as the starting point for a model on a second task."...



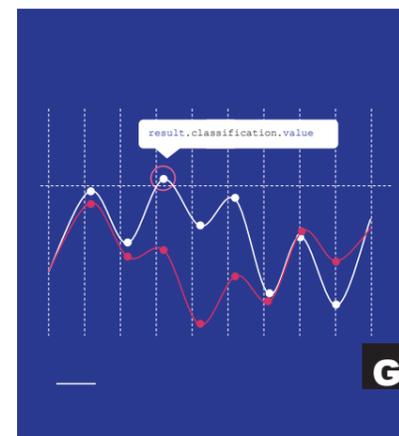
Un dataset di 292 nuove immagini...



... date "in pasto" ad un algoritmo esistente...



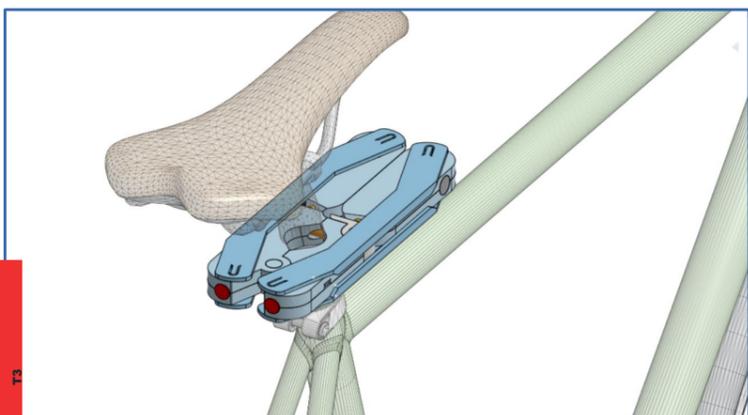
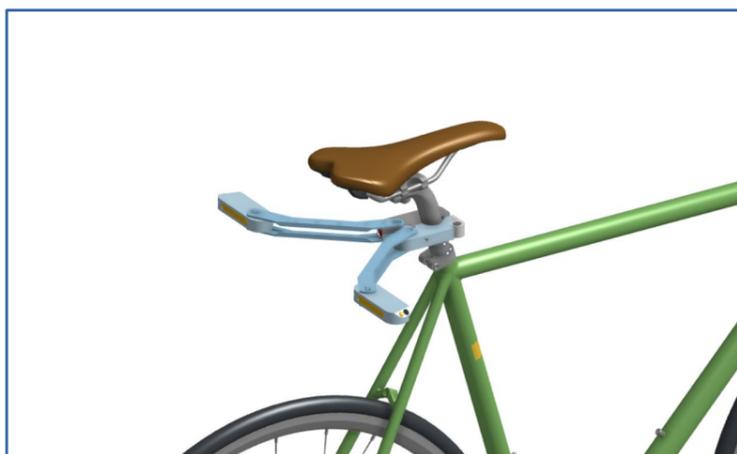
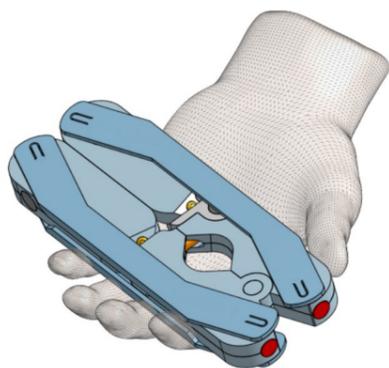
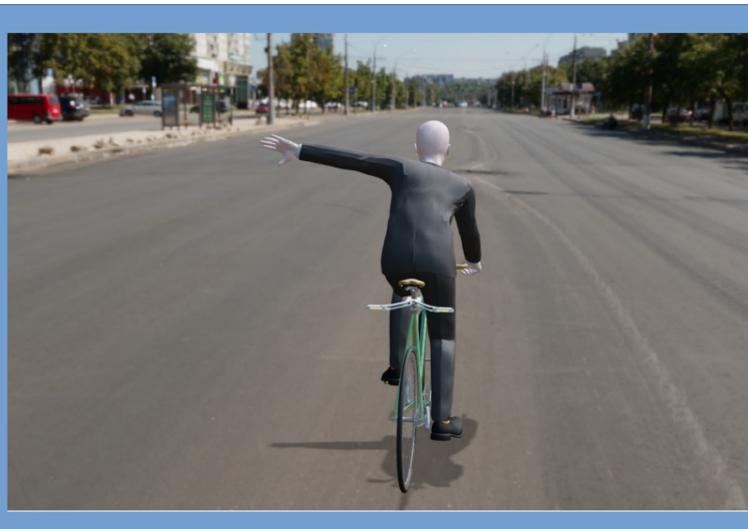
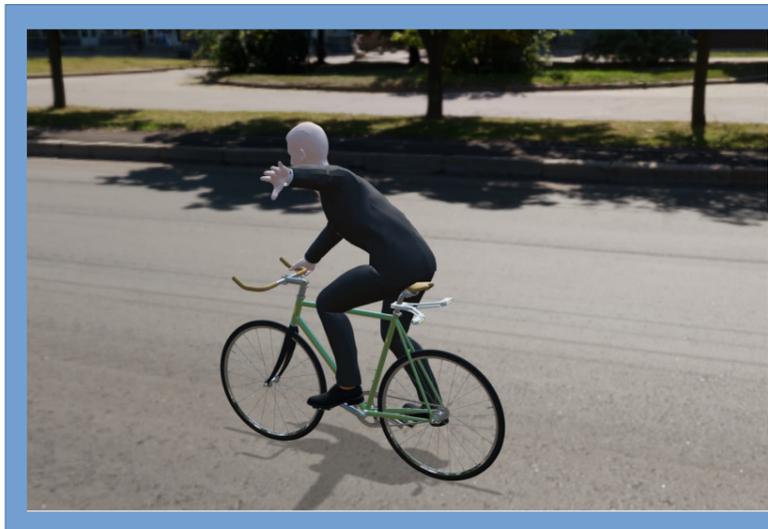
... con la tecnica del "Transfer Learning" generano un nuovo algoritmo, con nuove performance, ...



... il cui grado di affidabilità al variare dell'immagine acquisita....



... permette di risolvere velocemente un problema.



SISTEMI E COMPONENTI

