

# Indice generale

<b>Introduzione .....</b>	<b>XV</b>
A chi è rivolto questo libro .....	xv
Argomenti trattati .....	xvi
Come sfruttare al meglio questo libro.....	xvii
File degli esempi.....	xvii
Code in action.....	xvii
Immagini a colori .....	xviii
Convenzioni utilizzate .....	xviii
L'autore .....	xviii
I revisori.....	xix
Ringraziamenti .....	xix
<b>Parte I      Concetti di base e preparativi.....</b>	<b>1</b>
<b>Capitolo 1    Introduzione alla robotica .....</b>	<b>3</b>
Che cosa significa “robot”? .....	4
Robot avanzati e impressionanti.....	5
I rover su Marte.....	7
Robot domestici.....	8
La lavatrice .....	8
Altri robot domestici .....	9
Robot nell’industria.....	10
Bracci robotici.....	10
Robot da magazzino.....	11
Robot in ambito competitivo, educativo e hobbistico.....	12
Riepilogo .....	15
Esercizi .....	15
Per approfondire .....	15

<b>Capitolo 2</b>	<b>Gli elementi costitutivi dei robot: codice ed elettronica .....</b>	<b>17</b>
	Requisiti tecnici .....	17
	Come è fatto un robot.....	17
	Tipi di componenti dei robot.....	20
	Tipi di motori .....	20
	Altri tipi di attuatori .....	23
	Indicatori di stato: display, luci e suoni.....	23
	Tipi di sensori .....	23
	Controller e operazioni di I/O.....	25
	Pin di I/O .....	26
	Controller .....	27
	Scegliere un modello di Raspberry Pi .....	29
	Pianificare i componenti e la struttura del codice.....	30
	Pianificare il robot fisico.....	32
	Riepilogo .....	35
	Esercizi .....	35
	Per approfondire .....	35
<b>Capitolo 3</b>	<b>Il Raspberry Pi .....</b>	<b>37</b>
	Requisiti tecnici .....	37
	Funzionalità del Raspberry Pi .....	37
	Velocità e potenza.....	38
	Connettività e networking.....	38
	Perché la scelta del Raspberry Pi 3A+.....	39
	Scegliere le connessioni.....	39
	Schede accessorie per Raspberry Pi .....	41
	Il sistema operativo del Raspberry Pi.....	41
	Preparare una scheda MicroSD con Raspberry Pi OS .....	42
	Riepilogo .....	44
	Esercizi .....	45
	Per approfondire .....	45
<b>Capitolo 4</b>	<b>Preparare un Raspberry Pi headless per un robot...47</b>	
	Requisiti tecnici .....	47
	Che cos'è un sistema headless e perché è utile in un robot? .....	48
	Configurare il Wi-Fi sul Raspberry Pi e abilitare la SSH.....	49
	Trovare il Raspberry Pi sulla rete.....	51
	Configurare Bonjour per Microsoft Windows .....	51
	Collaudare la configurazione.....	52
	Problemi e soluzioni .....	52
	Usare PuTTY o SSH per connettersi al Raspberry Pi .....	53
	Configurare il sistema operativo del Raspberry Pi .....	55
	Rinominare il Raspberry Pi.....	55

Mettere (un po') in sicurezza il Raspberry Pi .....	57
Riavviare e riconnettere il Raspberry Pi .....	57
Aggiornare il software del Raspberry Pi.....	60
Spegnere il Raspberry Pi .....	61
Riepilogo .....	61
Esercizi .....	61
Per approfondire .....	61

## **Capitolo 5 Backup del codice con Git e copie della scheda microSD .....63**

Requisiti tecnici .....	63
In quali modi il codice può danneggiarsi o cancellarsi .....	64
Perdita e danneggiamento dei dati della scheda microSD .....	64
Modificare il codice o la configurazione.....	64
Strategia 1: conservare il codice su un PC e caricarlo.....	65
Strategia 2: usare Git per tornare indietro.....	67
Strategia 3: backup della scheda microSD.....	69
Windows.....	70
Mac.....	71
Linux .....	74
Riepilogo .....	75
Esercizi .....	76
Per approfondire .....	76

## **Parte II Costruzione di un robot: sensori e motori per un Raspberry Pi..... 77**

### **Capitolo 6 Concetti di base: ruote, alimentazione e cablaggio di un robot .....79**

Requisiti tecnici .....	79
Scegliere un kit chassis per il robot.....	80
Dimensioni.....	80
Quante ruote.....	81
Ruote e motori.....	82
Semplicità.....	83
Costo .....	83
In conclusione .....	83
Scegliere una scheda controller motori .....	84
Livello di integrazione .....	85
Utilizzo dei pin .....	85
Dimensioni.....	86
Saldatura.....	86
Alimentazione .....	87

Connettori .....	87
In conclusione .....	87
Alimentare il robot .....	88
Collaudare il montaggio del robot.....	91
Assemblare la base.....	93
Fissare le ruote encoder .....	95
Montare le staffe del motore .....	96
Aggiungere la ruota piroettante.....	98
Fissare le ruote motrici .....	98
Passaggio dei fili.....	99
Montare il Raspberry Pi .....	101
Aggiungere le batterie .....	102
La base del robot completata .....	103
Collegare i motori al Raspberry Pi.....	104
Cablare il Motor HAT .....	106
Alimentazione indipendente .....	108
Riepilogo .....	110
Esercizi .....	111
Per approfondire .....	111

## **Capitolo 7   Avanzare e svoltare: governare i motori con Python .....113**

Requisiti tecnici .....	113
Scrivere il codice di collaudo dei motori .....	114
Preparare le librerie.....	114
Test: trovare il Motor HAT .....	114
Test: controllare i motori.....	116
Problemi e soluzioni .....	117
Come funziona il codice.....	118
Far sterzare un robot .....	119
Tipi di sterzo .....	119
Far sterzare il robot che stiamo costruendo.....	122
Realizzare un oggetto Robot: codice per gli esperimenti di comunicazione con il robot.....	123
Perché creare questo oggetto? .....	124
Che cosa mettere nell'oggetto Robot? .....	125
Uno script per seguire un percorso predeterminato .....	129
Riepilogo .....	132
Esercizi .....	132
Per approfondire .....	132

## **Capitolo 8   Programmare i sensori di distanza con Python.....133**

Requisiti tecnici .....	133
Scegliere tra sensori ottici e a ultrasuoni .....	134
Sensori ottici .....	135

Sensori a ultrasuoni.....	135
Livelli logici e shifting.....	136
Perché usare due sensori? .....	138
Collegare e leggere un sensore a ultrasuoni.....	139
Fissare i sensori al robot .....	139
Aggiungere un interruttore di alimentazione.....	141
Cablare i sensori di distanza .....	143
Installare le librerie Python per comunicare con i sensori .....	145
Leggere i dati di un sensore di distanza a ultrasuoni .....	145
Problemi e soluzioni .....	148
Uno script per evitare gli ostacoli.....	149
Aggiungere i sensori alla classe Robot.....	149
Creare comportamenti per evitare gli ostacoli .....	150
Riepilogo .....	156
Esercizi .....	156
Per approfondire .....	156
<b>Capitolo 9</b>	<b>Programmare strisce di LED RGB in Python.....159</b>
Requisiti tecnici .....	159
Uso di una striscia RGB .....	160
Le varie tecnologie per strisce luminose .....	160
Valori RGB.....	161
Connettere la barra di LED al Raspberry Pi.....	162
Connettere la barra di LED al robot.....	163
Codice per l'accensione e il controllo dei LED.....	163
Realizzare un'interfaccia per i LED.....	164
Aggiungere i LED all'oggetto Robot.....	165
Collaudare un LED .....	167
Collaudare tutti i LED .....	168
Realizzare un display multicolore con i LED.....	169
Sistemi di colore .....	169
Un arcobaleno coi LED.....	171
Utilizzare la barra di LED per il debug del comportamento di evitamento.....	173
Accendere i LED in base al comportamento di evitamento ....	173
Aggiungere gli arcobaleni .....	175
Riepilogo .....	177
Esercizi .....	177
Per approfondire .....	177
<b>Capitolo 10</b>	<b>Usare Python per controllare i servomotori .....179</b>
Requisiti tecnici .....	179
Che cosa sono i servomotori? .....	180
Come è fatto un servomotore .....	180
Invio di posizioni di input a un servomotore .....	182

Collegare un servomotore al Raspberry Pi .....	183
Scrivere il codice per operare un servomotore .....	184
Problemi e soluzioni .....	187
Controllare i motori CC e i servomotori .....	187
Calibrare i servomotori .....	189
Aggiungere il meccanismo di pan-and-tilt .....	189
Costruire il kit .....	191
Fissaggio del meccanismo di pan-and-tilt al robot .....	194
Creare il codice di pan-and-tilt .....	195
Realizzare l'oggetto servomotore .....	195
Aggiungere Servos alla classe Robot .....	197
Girare la testa panoramica e inclinare .....	199
Eseguire il programma .....	201
Problemi e soluzioni .....	201
Costruire un sonar a scansione .....	201
Fissare il sensore .....	202
Installazione della libreria .....	205
Il codice del comportamento .....	205
Riepilogo .....	208
Esercizi .....	208
Per approfondire .....	208

## **Capitolo 11 Programmare gli encoder con Python .....209**

Requisiti tecnici .....	209
Misurare la distanza percorsa: gli encoder .....	210
Dove si usano gli encoder .....	210
Tipi di encoder .....	210
Codifica della posizione assoluta o relativa .....	211
Codifica della direzione e della velocità .....	212
Gli encoder che stiamo usando .....	213
Collegare gli encoder al robot .....	214
Preparare gli encoder .....	215
Sollevare il Raspberry Pi .....	216
Montare gli encoder sullo chassis .....	217
Cablare gli encoder al Raspberry Pi .....	217
Rilevare in Python la distanza percorsa .....	219
Introduzione al logging .....	219
Conteggio semplice .....	219
Aggiungere gli encoder all'oggetto Robot .....	222
Trasformare i tick in millimetri .....	224
Procedere in linea retta .....	226
Correggere la direzione con un controller PID .....	227
Creare un oggetto controller PID in Python .....	228
Scrivere il codice per procedere in linea retta .....	229

Problemi e soluzioni di questo comportamento.....	232
Percorrere una determinata distanza .....	232
Rielaborare le conversioni di unità nella classe	
EncoderCounter.....	232
Impostare le costanti .....	233
Il comportamento per percorrere una distanza .....	234
Compiere curve ben precise.....	236
La funzione <code>drive_arc</code> .....	241
Riepilogo .....	242
Esercizi .....	242
Per approfondire .....	243
<b>Capitolo 12 Programmare una scheda IMU con Python .....</b>	<b>245</b>
Requisiti tecnici .....	246
Che cosa sono le IMU .....	246
Modelli consigliati .....	247
Saldare: pettini per la scheda IMU .....	247
Realizzazione di una saldatura.....	248
Collegare la scheda IMU al robot.....	250
Posizionamento fisico .....	250
Cablare la scheda IMU al Raspberry Pi.....	253
Leggere la temperatura .....	254
Installazione del software.....	254
Problemi e soluzioni .....	255
Lettura del registro delle temperature .....	256
Problemi e soluzioni .....	259
Semplificazione della riga di comando di VPython .....	260
Leggere il giroscopio in Python .....	261
Il giroscopio .....	261
Aggiungere il giroscopio all'interfaccia.....	264
Tracciare i dati del giroscopio .....	264
Leggere l'accelerometro in Python .....	266
L'accelerometro .....	266
Aggiunta dell'accelerometro all'interfaccia.....	267
Visualizzazione dell'accelerometro come vettore .....	267
Leggere il magnetometro .....	269
Il magnetometro .....	269
Aggiungere l'interfaccia del magnetometro .....	271
Rappresentare le letture del magnetometro .....	271
Riepilogo .....	272
Esercizi .....	273
Per approfondire .....	273

## **Parte III      Ascoltare e vedere: sensori intelligenti per il robot ..... 275**

### **Capitolo 13    Visione robotica: utilizzare una fotocamera Pi e OpenCV .....277**

Requisiti tecnici .....	277
Configurare la fotocamera Raspberry Pi.....	278
Collegare la fotocamera al meccanismo di pan-and-tilt.....	279
Cablare la fotocamera .....	282
Configurare il software di visione artificiale .....	283
Configurare il software della Pi Camera .....	284
Trarre una foto dal Raspberry Pi.....	284
Installare OpenCV e le librerie di supporto.....	285
Creare un'app per lo streaming video dalla fotocamera al Raspberry Pi.....	286
Progettare con OpenCV un server di streaming per la fotocamera 286	
Scrivere l'oggetto CameraStream .....	287
L'app principale del server di immagini .....	289
Costruire un template .....	290
Eseguire il server.....	291
Problemi e soluzioni .....	291
Attività in background da eseguire durante lo streaming .....	292
Seguire oggetti colorati con Python .....	298
Trasformare un'immagine in informazioni .....	299
Migliorare il controller PID .....	301
Scrivere i componenti del comportamento .....	302
Eseguire il comportamento .....	307
Problemi e soluzioni .....	308
Tracciare volti con Python .....	309
Trovare oggetti in un'immagine .....	309
Pianificare il comportamento .....	312
Scrivere il codice di rilevamento del volto.....	313
Eseguire il comportamento di rilevamento del volto .....	316
Problemi e soluzioni .....	317
Riepilogo .....	317
Esercizi .....	318
Per approfondire .....	318

### **Capitolo 14    Seguire una linea con la Pi Camera in Python .....321**

Requisiti tecnici .....	321
Introduzione al line-following.....	322
Che cos'è il line-following? .....	322
Utilizzo nell'industria .....	322
Tipi di line-following .....	323



Una traccia di test da seguire .....	324
I materiali per la traccia di test .....	324
Creare una linea .....	325
Pipeline di visione artificiale per il line-following .....	326
Algoritmi di tracciamento della linea da fotocamera .....	326
La pipeline di elaborazione .....	327
Provare la visione artificiale con immagini di test.....	329
Perché usare immagini di test? .....	329
Cattura di immagini di test .....	329
Codice Python per la ricerca dei bordi di una linea.....	331
Individuare la linea dai bordi.....	334
Provare con immagini di test senza contrasti netti.....	335
Line-following con l'algoritmo PID.....	337
Creare il diagramma di flusso di questo comportamento.....	337
Aggiungere il tempo al nostro controller PID.....	338
Scrivere il comportamento iniziale .....	339
Regolare il PID .....	345
Problemi e soluzioni .....	345
Ritrovare una linea .....	346
Riepilogo .....	347
Esercizi .....	347
Per approfondire .....	348

## **Capitolo 15 Comunicazione vocale con un robot con Mycroft...349**

Requisiti tecnici .....	349
Mycroft: terminologia degli agenti vocali.....	350
Speech-to-Text (STT) .....	350
Wake-Words.....	350
Utterance .....	351
Intento .....	351
Dialogo .....	351
Vocabolario .....	351
Skill.....	351
Limitazioni nell'ascolto del parlato da parte di un robot.....	352
Aggiungere input e output audio al Raspberry Pi .....	352
Installazione fisica .....	353
Installare l'agente vocale su un Raspberry Pi .....	354
Installare il software ReSpeaker.....	354
Mycroft e la scheda audio .....	356
Usare Mycroft .....	357
Problemi e soluzioni .....	359
Programmare un'API Flask .....	359
Mycroft e il controllo del robot.....	360
Avviare un comportamento da remoto.....	361
Programmare il server API di controllo Flask.....	363
Problemi e soluzioni .....	365

Programmare un agente vocale con Mycroft sul Raspberry Pi .....	365
Costruire l'intento .....	365
Problemi e soluzioni .....	371
Aggiungere un altro intento .....	371
Riepilogo .....	373
Esercizi .....	373
Per approfondire .....	374

## **Capitolo 16 Approfondimenti sulla scheda IMU.....375**

Requisiti tecnici .....	375
Programmare un robot virtuale .....	376
Creare un modello grafico del robot in VPython .....	376
Rilevare le rotazioni con il giroscopio .....	380
Calibrare il giroscopio.....	380
Ruotare il robot virtuale con il giroscopio .....	383
Rilevare il beccheggio e il rollio con l'accelerometro.....	386
Ottenere il beccheggio e il rollio dal vettore dell'accelerometro.....	386
Correggere l'accelerometro.....	389
Unire i dati dell'accelerometro e del giroscopio.....	390
Rilevare una direzione con il magnetometro .....	393
Calibrare il magnetometro .....	393
Ottenere una direzione approssimativa dal magnetometro.....	399
Combinare le informazioni dei sensori per determinare l'orientamento .....	401
Guidare un robot in base ai dati IMU .....	406
Riepilogo .....	408
Esercizi .....	409
Per approfondire .....	409

## **Capitolo 17 Controllo del robot con uno smartphone e Python.....411**

Requisiti tecnici .....	411
Quando il controllo vocale non funziona, perché dobbiamo guidare il robot .....	412
Modalità a menu: scegliere il comportamento del robot.....	412
Gestione delle modalità del robot.....	414
Problemi e soluzioni .....	415
Il servizio web .....	415
Il template .....	416
Eseguire l'app .....	418
Problemi e soluzioni .....	420
Scegliere il controller: come guideremo il robot e perché .....	421
Progettazione e panoramica .....	421
Preparare il Raspberry Pi per la guida remota: il sistema di guida di base .....	423

Migliorare il nucleo dell'app di gestione delle immagini .....	425
Scrivere il comportamento di controllo manuale .....	425
Il template (la pagina web) .....	427
Il foglio stile .....	430
Il codice per gli slider .....	433
Eseguire l'app .....	436
Problemi e soluzioni .....	437
Rendere il robot completamente utilizzabile da smartphone .....	438
Rendere compatibili le modalità dei menu con i comportamenti	
Flask .....	438
Caricare i servizi video .....	438
Stile del menu .....	441
Avviare il menu all'avvio del Raspberry Pi .....	442
Aggiunta di luci al server dei menu .....	443
Utilizzo di systemd per avviare automaticamente il robot .....	443
Riepilogo .....	446
Esercizi .....	446
Per approfondire .....	447

## **Parte IV Approfondire l'argomento robotica ..... 449**

### **Capitolo 18 Estendere le competenze di programmazione dei robot .....451**

Community online sulla costruzione di robot:	
forum e social media .....	451
Canali YouTube da conoscere .....	452
Domande tecniche: dove ottenere un aiuto .....	453
Incontrare i costruttori di robot: gare, makerspace e meetup .....	453
Makerspace .....	454
Maker Faire, Raspberry Jam e Dojo .....	454
Competizioni .....	455
Suggerimenti per altre competenze: stampa 3D, saldatura,	
PCB e CNC .....	455
Competenze di progettazione .....	456
Competenze di modellazione e costruzione .....	456
Competenze di elettronica .....	458
Maggiori informazioni sulla visione artificiale .....	460
Libri .....	460
Corsi online .....	460
Social media .....	461
Estendere le conoscenze con il machine learning .....	461
Il sistema operativo del robot .....	462
Riepilogo .....	462
Per approfondire .....	462

**Capitolo 19 Pianificare il vostro prossimo progetto di robot.....463**

Requisiti tecnici .....	463
Immaginate il vostro prossimo robot .....	463
Realizzare un diagramma a blocchi .....	465
Scegliere i componenti .....	466
Progettare il codice per il robot .....	467
Farvi conoscere al mondo .....	469
Riepilogo .....	470

**Indice analitico.....471**