

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ҒЫЛЫМДАРЫ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

МРНТИ 50.01.11

АРХИТЕКТУРА МОБИЛЬНЫХ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ

Б.С. ШОКАНОВ* ^{1[0000-0002-6717-3876]}, **А.А. ФИЛИПАС** ^{2[0000-0002-5376-5416]}

¹ Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актөбе, Казахстан

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск,
Российская Федерация

*e-mail: shokanov_b@akb.nis.edu.kz

Аннотация. В работе рассматривается архитектура мобильных автономных систем, которая является гибкой относительно поставленной задачи. В основном архитектура всех мобильных автономных система одинакова, но имеет возможность варьировать свое содержание убирая или добавляя определенные части. Мобильные автономные системы можно называть как мобильные роботы, потому как слово робот уже прочно обосновалось в обиходе. Главными частями архитектуры мобильного робота определено являются его блок управления, который выполняет все вычисления и принимает решения, колесная база, отвечающая за транспортировку робота в заданную точку, и блок питания, который обеспечивает электропитанием робота. Цель и задачи мобильного робота покажут использование им таких частей как сенсорный блок, предназначенный для получения и сбора данных с окружающей среды, и блок полезной нагрузки, необходимый для проведения, например, научных исследований. В работе проведен обзор каждого модуля архитектуры мобильных роботов: блока управления, колесной базы, сенсорного блока, блока питания и блока для полезной нагрузки. Это позволяет понять какой вид каждого модуля подойдет для определенной задачи и показывает разнообразие существующих видов, что дает широкие возможности для создания мобильного робота с необходимыми параметрами.

Ключевые слова: архитектура робота, мобильный робот, микроконтроллер, датчик, автономная система, робототехника, модуль.

Введение. Мобильные роботы широко входят в повседневную жизнь человека и с каждым днем все больше задач решаются с помощью применения мобильных транспортных роботов. Транспортировка малогабаритной почты в условиях городской среды, перевозка медикаментов в стационарных палатах, использование дистанционных роботов-саперов - все это самый малый список, где используются мобильные автономные системы. Архитектура мобильных автономных систем или мобильных роботов ориентирована на модульность, то есть на возможность оперативно заменить неисправный компонент или дополнить определенный модуль.

Мобильные автономные системы в основном состоят из следующих частей:

- блок управления;
- колесная база или шасси;
- сенсорная база;
- блок питания;
- место для полезной нагрузки.

Расположение этих частей в составе одной мобильной системы бывает самым разнообразным, все зависит от поставленной задачи и габаритов робота. Зачастую каждая часть располагается на “своем” этаже, так как каждый этаж представляет собой платформу для компонентов. Если на нижнем уровне, более защищенном и невидимом для внешнего наблюдателя, располагаются блоки питания, колесная база, то на верхних уровнях располагаются блоки сенсоров и место для какой-либо полезной нагрузки - будь то импровизированный пассажир или груз для транспортировки. В качестве примера можно привести несколько наглядных примеров [1] и [2], где были разработаны мобильные роботы для различных задач. Первый был предназначен для работы в условиях пандемии, то есть для удаленной работы, а второй для большого спектра исследовательских задач, таких как управления группой мобильных роботов. В первом мобильном роботе (рис 1.) представлены следующие части:

- движущаяся часть;
- электроприводная часть;
- часть управления;
- сенсорная часть.

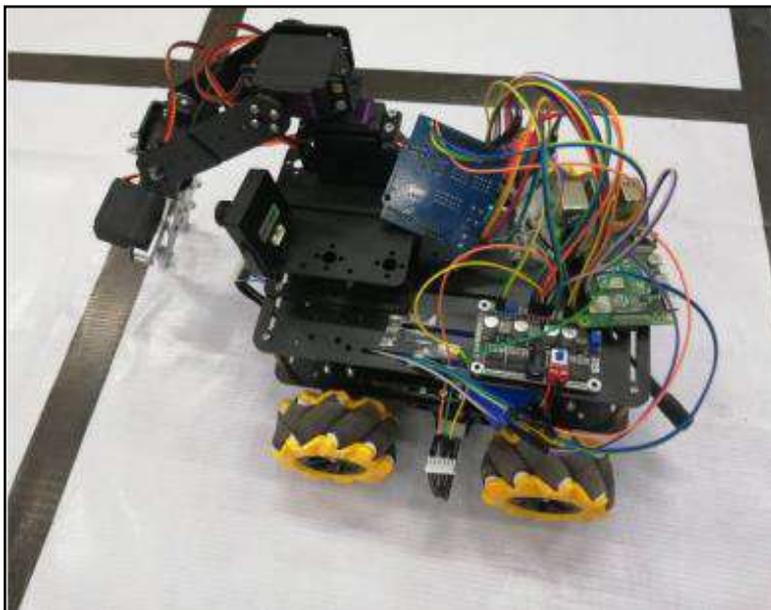


Рисунок 1. Фотография собранного робота.

Во втором работе (рис 2.) представлены следующие части:

1. вычислительный блок и блок питания;
2. блока зарядки бортовых аккумуляторов;
3. блока сбора информации от датчиков;
4. блока двухстороннего радиоканала;
5. блока работы с периферийными устройствами;
6. блок усилителей мощности класса D для управления коллекторными двигателями.

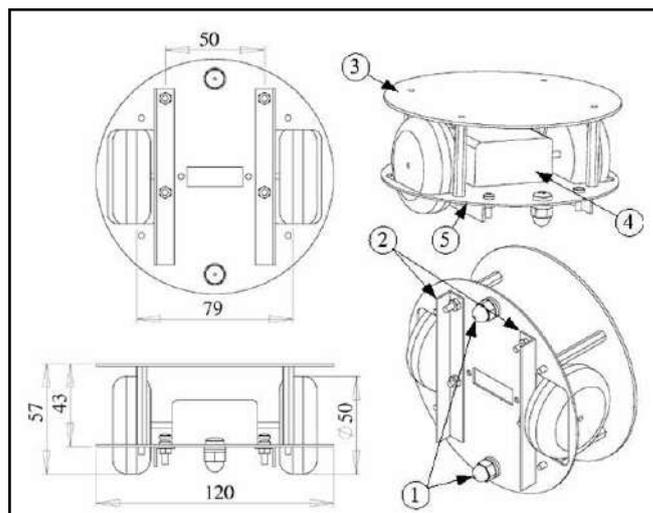


Рисунок 2. Конструкция мобильного робота

Основные модули мобильных роботов

Одним из главных компонентов любой робототехнической системы является блок управления - центральный процессор или просто микроконтроллер. На данный момент самыми популярными платформами, для образовательных и исследовательских целей, являются Arduino и Raspberry Pi, с процессорами Atmega и Rockchip соответственно.

На данный момент большую популярность обрела робототехническая платформа Arduino. Выделим основные причины популярности Arduino [3]:

- безопасность: проекты Arduino не будут стоить вам руки и ноги;
- легкость: Arduino легко программировать и изучать;
- разнообразие: Arduino может помочь вам создавать самые разные проекты, от решения проблем дома до решения глобальных задач;
- образовательная составляющая: изучение Arduino подготовит детей к инженерному будущему;
- сообщество: большое количество пользователей, готовые прийти на помощь.

Также одним из больших преимуществ [4] Arduino является большое разнообразие существующих плат (рис.3) и разнообразие плат расширения Arduino Shield, увеличивающие возможности платы.

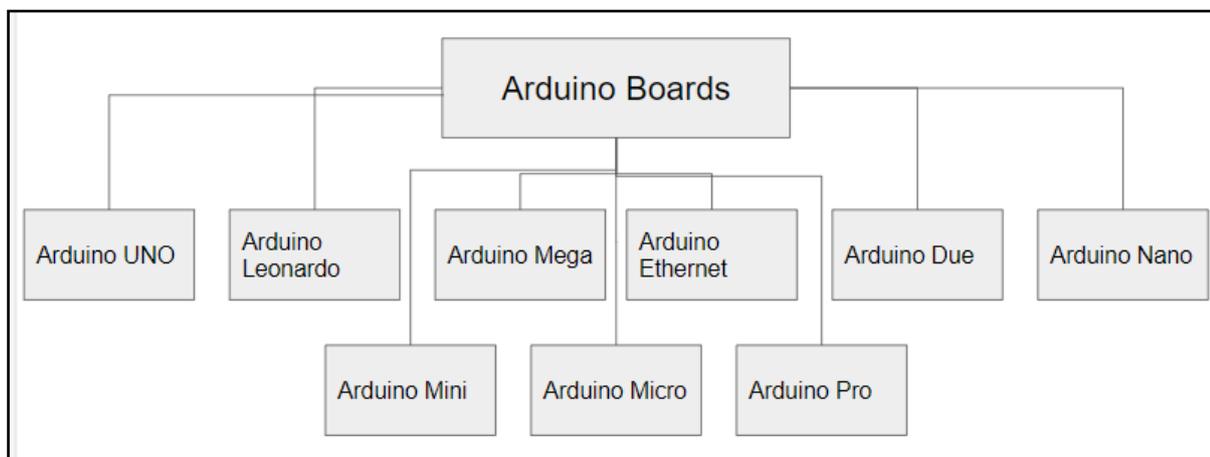


Рисунок 3. Разнообразие плат Ардуино.

Одноплатный компьютер Raspberry Pi на данный момент является прекрасной альтернативой компьютерам с большим форм-фактором, так как имеет размер всего со стандартную кредитную карточку, что является, безусловно, основным плюсом [5] данной системы. В пользу Raspberry Pi также говорит наличие обширного количества компиляторов и поддерживаемых языков программирования. Популярность и спрос данной платформы (рис.4) заставляет развиваться ее из года в год, что приводит к появлению более мощных и производительных платформ, по сравнению с предыдущими версиями [6].

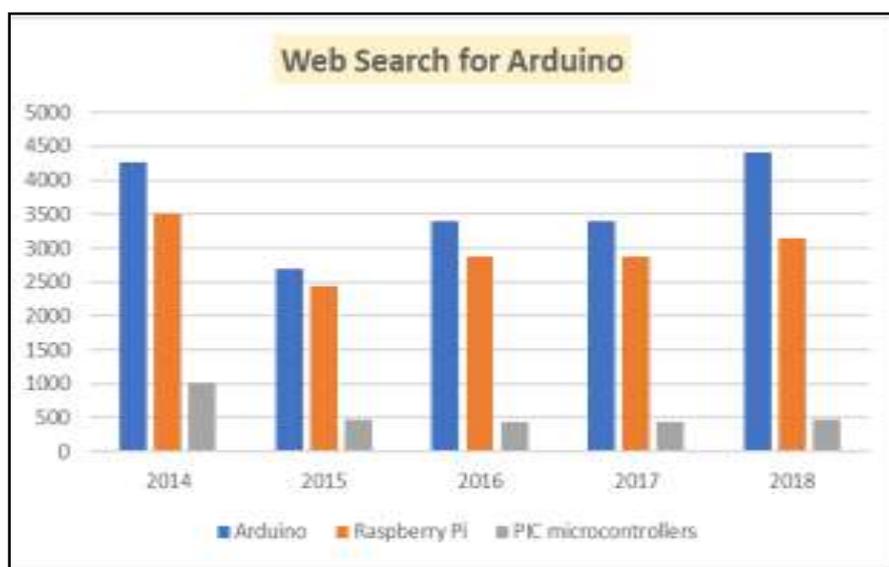


Рисунок 4. Сравнение поисковых запросов Arduino, Raspberry Pi и микроконтроллеров PIC

Одним из наиболее важных блоков в мобильной системе является его колесная база или шасси. Мобильные роботы в основном используют несколько типов колесных баз [7][8]:

- с дифференциальным приводом: два передних ведущих колеса и одно заднее опорно-ведомое;
- переднеприводная колесная база или автомобильная колесная база, в основном используются для наружного применения;
- три омни-колеса, позволяющие поворачивать в разные направления, которые в основном предназначены для использования в закрытых системах;
- четыре отдельно управляемых колеса или роверного типа, имеющие высокую производительность, но при высокой стоимости.

Сенсорная база мобильных роботов очень разнообразна, так как сенсоров на данный момент огромное количество. У человека каждый орган чувства может выполнять несколько функции - глаза могут различать и классифицировать объекты, определять цвет и яркость освещенности, измерить с небольшой погрешностью расстояние до объектов итд. Для получения информации по каждой вышеприведенной функции человеческого зрения мобильная система или просто “робот” должен отдельно использовать веб-камеру как датчик, датчик цвета, датчик освещенности, ультразвуковой датчик итд. Использование тех или иных датчиков [9] будет зависеть от поставленной перед роботом задачей и положенных габаритов, если таковые присутствуют при конструировании.

Для решения какой-либо задачи мобильный робот должен опираться на показания многих датчиков. В зависимости от задачи мы можем классифицировать сенсорную база на следующие задачи [10]:

- локализация и навигация - нахождение своей позиции в пространстве и верное движение в заданном направлении;
- обнаружение и слежение за объектами;
- распознавание цвета и яркости окружающей среды и объектов;
- реагирование на звуковые сигналы и их распознавание;
- “метеорологические” задачи - определение температуры, влажности, скорости ветра, атмосферного давления;
- и др.

Блок питания занимает важнейшую роль в мобильных роботах, как в плане веса всей системы, так и в плане стабильной работы системы. Так как мы говорим именно про мобильные системы, в данных роботах используется компактные модули питания, которые позволяют работам роботу в автономном режиме. К таким видам модулей питания можно отнести несколько типов [11]:

- Одноразовые батареи и многоразовые аккумуляторные батареи;

- Солнечные панели или батареи;
- Термоэлектрические элементы, например элемент Пельтье [12]
- Суперконденсаторы с быстрой зарядкой;
- Гибридные источники питания.

Место для полезной нагрузки выделяется на мобильных системах специально для тестирования на пригодность выполнения неосновных задач. Это могут быть подъем и перевозка каких-либо грузов, установка дополнительных датчиков для сбора информации для дальнейших исследований, установка дополнительного оборудования, таких как манипуляторы, турели, световые приборы итп. Одной из основной задачей полезной нагрузки в робототехнических системах является научная миссия: фото-видеоаппаратура для сбора медиа материала, тестирование биоорганики в различных условиях, робо-манипуляторы для захвата или устранения препятствия итд.

Заключение. Мобильные роботы широко внедрились в самые разные сферы жизни человека и будут лишь укрепляться в ней, принося все больше пользы и добавляя комфорта. Мобильный робот может решать самый широкий круг задач и в зависимости от поставленной задачи будет “наполняться” его багаж. Необходимость большой производительности при вычислениях потребует более мощного блока управления и стабильного электропитания. Точность в получении данных с датчиков заставит использовать больше датчиков и обращать внимание на их расположение более тщательно. Улучшенная проходимость робота вызовет необходимость использовать мощную колесную базу и увеличивает потребляемую электроэнергию. Все это дает четкое понимание, что мобильные роботы очень гибкие в своей архитектуре и могут подстроиться под любые задачи.

Список литературы

1. Guo, P.; Shi, H.; Wang, S.; Tang, L.; Wang, Z. An ROS Architecture for Autonomous Mobile Robots with UCAR Platforms in Smart Restaurants. *Machines* 2022, 10, 844. <https://doi.org/10.3390/machines10100844>
2. В. А. Александров, А. И. Кобрин, АРХИТЕКТУРА МОБИЛЬНОГО РОБОТА — ЭЛЕМЕНТА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ, “ЖУРНАЛ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ” N 5, 2011 <http://jre.cplire.ru/jre/may11/8/text.html>
3. Jumabayev A.T. ADVANTAGE OF THE ARDUINO PLATFORM IN FORMING CREATIVE SKILLS IN YOUTH, *JournalNX- A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal*, VOLUME 7, ISSUE 7, July. -2021

4. Kuldeep S.K., Santar P.S., Shreddha S., Role Of Arduino In Real World Applications, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 9, ISSUE 01, JANUARY 2020 ISSN 2277-8616
5. Anand N. Vikram P., Raspberry Pi- A Small, Powerful, Cost Effective and Efficient Form: A Review, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineerin, Volume 5, Issue 12, December 2015, ISSN: 2277 128X
6. Jovan I., Biljana R., The Advantages of Using Raspberry Pi 3 Compared to Raspberry Pi 2 SoC Computers for Sensor System Support, International Conference on Applied Internet and Information Technologies, 2016, DOI:10.20544/AIIT2016.12
7. Maciej T., Przemysław D., Mechanical Properties of Modern Wheeled Mobile Robots, Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems VOLUME 13, #3, 2019
8. Shabalina K., Sagitov A., Magid E., Comparative Analysis of Mobile Robot Wheels Design, 03 July 2019
https://www.researchgate.net/publication/331352711_Comparative_Analysis_of_Mobile_Robot_Wheels_Design?enrichId=rgreq-0ff3629043789f1107ce4f1b1bfb8a34-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMzMjMTM1Mjc4MTtBUzo3NzY2ODc4OTc4MjUyODVAMTU2MjE4ODIzMzQ1Ng%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
9. Spielmann R., Duchoň F., Kostroš J., Fico T., Balog R., Sensor Module for Mobile Robot, American Journal of Mechanical Engineering, 2013, Vol. 1, No. 7, 378-383, <http://pubs.sciepub.com/ajme/1/7/45>
10. H. Andreasson, G. Grisetti, T. Stoyanov, and A. Pretto, “Sensors for Mobile Robots” to appear in Ang, M.H., Khatib, O., Siciliano, B. (eds) Encyclopedia of Robotics. Springer, Berlin, Heidelberg, arXiv:2206.03223v1 [cs.RO] 7 Jun 2022
11. Gurguze G., Turkoglu I., Energy Management Techniques in Mobile Robots, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Energy and Power Engineering, Vol:11, No:10, 2017
12. Afshari F., Afshari F., Ceylan M., Akif Ceviz M., A REVIEW STUDY ON PELTIER COOLING DEVICES; APPLICATIONS AND PERFORMANCE, Proceedings on 3rd International Conference on Technology and Science, December 18-20, 2020

References

1. Guo, P.; Shi, H.; Wang, S.; Tang, L.; Wang, Z. An ROS Architecture for Autonomous Mobile Robots with UCAR Platforms in Smart Restaurants. Machines 2022, 10, 844. <https://doi.org/10.3390/machines10100844>

2. V. A. Aleksandrov, A. I. Kobrin, ARCHITECTURE OF A MOBILE ROBOT AS AN ELEMENT OF A SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR RESEARCH OF GROUP CONTROL ALGORITHMS, "JOURNAL OF RADIO ELECTRONICS" N 5, 2011 <http://jre.cplire.ru/jre/may11/8/text.html>

3. Jumabayev A.T. ADVANTAGE OF THE ARDUINO PLATFORM IN FORMING CREATIVE SKILLS IN YOUTH, JournalNX- A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal, VOLUME 7, ISSUE 7, July. -2021

4. Kuldeep S.K., Santar P.S., Shreddha S., Role Of Arduino In Real World Applications, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 9, ISSUE 01, JANUARY 2020 ISSN 2277-8616

5. Anand N. Vikram P., Raspberry Pi- A Small, Powerful, Cost Effective and Efficient Form: A Review, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineerin, Volume 5, Issue 12, December 2015, ISSN: 2277 128X

6. Jovan I., Biljana R., The Advantages of Using Raspberry Pi 3 Compared to Raspberry Pi 2 SoC Computers for Sensor System Support, International Conference on Applied Internet and Information Technologies, 2016, DOI:10.20544/AIIT2016.12

7. Maciej T., Przemysław D., Mechanical Properties of Modern Wheeled Mobile Robots, Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems VOLUME 13, #3, 2019

8. Shabalina K., Sagitov A., Magid E., Comparative Analysis of Mobile Robot Wheels Design, 03 July 2019

9. Spielmann R., Duchoň F., Kostroš J., Fico T., Balog R., Sensor Module for Mobile Robot, American Journal of Mechanical Engineering, 2013, Vol. 1, no. 7, 378-383, <http://pubs.sciepub.com/ajme/1/7/45>

10. H. Andreasson, G. Grisetti, T. Stoyanov, and A. Pretto, "Sensors for Mobile Robots" to appear in Ang, M.H., Khatib, O., Siciliano, B. (eds) Encyclopedia of Robotics. Springer, Berlin, Heidelberg, arXiv:2206.03223v1 [cs.RO] 7 Jun 2022

11. Gurguze G., Turkoglu I., Energy Management Techniques in Mobile Robots, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Energy and Power Engineering, Vol:11, No:10, 2017

12. Afshari F., Afshari F., Ceylan M., Akif Ceviz M., A REVIEW STUDY ON PELTIER COOLING DEVICES; APPLICATIONS AND PERFORMANCE, Proceedings on 3rd International Conference on Technology and Science, December 18-20, 2020.

МОБИЛЬДІ АВТОНОМИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ АРХИТЕКТУРАСЫ

Б.С. ШОҚАНОВ*¹, А.А. ФИЛИПАС²

¹ Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

² Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Томск, Ресей Федерациясы

*e-mail: shokanov_b@akb.nis.edu.kz

Андатпа. Жұмыста тапсырмаға қатысты икемді мобильді автономды жүйелердің архитектурасы қарастырылады. Негізінде, барлық мобильді автономды жүйелердің архитектурасы бірдей, бірақ оның белгілі бір бөліктерді алып тастау немесе қосу арқылы мазмұнын өзгерту мүмкіндігі бар. Мобильді автономды жүйелерді мобильді роботтар деп атауға болады, өйткені робот сөзі күнделікті өмірде өзін нық бекітіп қойған. Мобильді робот архитектурасының негізгі бөліктері сөзсіз оның барлық есептеулерді орындайтын және шешім қабылдайтын басқару блогы, берілген нүктеге роботты тасымалдауға жауап беретін доңғалақ базасы және роботты қуатпен қамтамасыз ететін қуат блогы болып табылады. робот. Мобильді роботтың мақсаты мен міндеттері қоршаған ортадан деректерді қабылдауға және жинауға арналған сенсорлық блок және, мысалы, ғылыми зерттеулерді жүргізу үшін қажетті пайдалы жүктеме блогы сияқты бөліктерді пайдалануды көрсетеді. Жұмыста мобильді роботтардың архитектурасының әрбір модуліне шолу берілген: басқару блогы, доңғалақ базасы, сенсорлық блок, қуат блогы және пайдалы жүктеме блогы. Бұл әрбір модульдің қай түрі белгілі бір тапсырмаға сәйкес келетінін түсінуге мүмкіндік береді және қажетті параметрлері бар мобильді роботты құруға кең мүмкіндіктер беретін қолданыстағы түрлердің әртүрлілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: робот архитектурасы, мобильді робот, микроконтроллер, сенсор, автономды жүйе, робототехника, модуль.

ARCHITECTURE OF MOBILE AUTONOMOUS SYSTEMS

B. SHOKANOV*¹, A. FILIPAS²

¹ K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

² National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

*e-mail: shokanov_b@akb.nis.edu.kz

Abstract. The paper considers the architecture of mobile autonomous systems, which is flexible with respect to the task. Basically, the architecture of all mobile autonomous systems is the same, but it has the ability to vary its content by removing or adding certain parts. Mobile autonomous systems can be called mobile robots, because the word robot has already firmly established itself in everyday life. The main parts of the architecture of a mobile robot are definitely its control unit, which performs all the calculations and makes decisions, the wheelbase, which is responsible for transporting the robot to a given point, and the power unit, which provides power to the robot. The purpose and objectives of the mobile robot will show the use of such parts as a sensor unit designed to receive and collect data from the environment, and a payload unit necessary for conducting, for example, scientific research. The paper provides an overview of each module of the architecture of mobile robots: control unit, wheelbase, sensor unit, power unit and

payload unit. This allows you to understand which type of each module is suitable for a particular task and shows the variety of existing types, which provides ample opportunities for creating a mobile robot with the necessary parameters.

Key words: robot architecture, mobile robot, microcontroller, sensor, autonomous system, robotics, module.