



АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
AUTOMATION AND CONTROL

DOI 10.51885/1561-4212\_2023\_3\_119  
MFTAA 50.01.85

**А.А. Найзабаева<sup>1</sup>, О.Я. Швец<sup>2</sup>, А. Маратов<sup>3</sup>, Ж.Е. Ерсайнова<sup>4</sup>**

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

<sup>1</sup>E-mail: aselnaizabaeva@mail.ru\*

<sup>2</sup>E-mail: Olga.shvets75@gmail.com

<sup>3</sup>E-mail: aayanmaratov@gmail.com

<sup>4</sup>E-mail: Zhansaya.ersaynova@mail.ru

**АВТОНОМДЫ ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІН  
ОҢТАЙЛАНДЫРУ АРҚЫЛЫ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**  
**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ  
АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**  
**IMPROVING ENERGY EFFICIENCY BY OPTIMIZING AUTONOMOUS  
POWER SUPPLY SYSTEMS**

**Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные вопросы автоматизации сферы энерго-сбережения в соответствии с программой развития Республики Казахстан до 2050 года. Согласно проведенному исследованию разработана структурная схема энергоснабжения объекта, в качестве источника энергии выбрана солнечная панель. При подключении до 15 электроприборов учитывается работа. Рассмотрена практическая реализация разработанных схем, проведена апробация полученных результатов.

**Ключевые слова:** энергосбережение, автоматизация в энергосбережении, возобновляемые источники энергии.

**Аңдатпа.** Мақалада Қазақстан Республикасының 2050 жылға дейінгі даму бағдарламасына сәйкес энергия үнемдеу саласын автоматтандырудың өзекті мәселелері қарастырылады. Жүргізілген зерттеуге сәйкес объектіні энергиямен қамтамасыз етудің құрылымдық схемасы жасалды, энергия көзі ретінде күн панелі таңдалды. 15-ке дейін электр аспаптарын қосу кезінде жұмыс ескеріледі. Өзірленген схемалардың практикалық іске асырылуы қарастырылып, алынған нәтижелерге апробация жүргізілді.

**Түйін сөздер:** энергияны үнемдеу, энергияны үнемдеуді автоматтандыру, жаңартылатын энергия көздері.

**Abstract.** The article discusses topical issues of automation in the field of energy conservation in accordance with the development program of the Republic of Kazakhstan until 2050. According to the study, a structural diagram of the power supply of the facility was drawn up; a solar panel was selected as a source of energy. It is taken into account when connecting up to 15 electrical appliances. The practical implementation of the developed schemes is considered and the obtained results are tested.

**Keywords:** energy saving, automation in energy saving, renewable energy sources.

**Кіріспе.** Қазіргі уақытта біз электронды және электрлік құрылғыларды айтарлықтай қолдана бастадық. Электроника мен электр құрылғыларын пайдалану мен тұтынудың өсуі энергия тұтынудың бұрын-соңды болмаған өсуіне кері әсерін тигізді. Сұраныс пен ұсыныс арасындағы алшақтыққа байланысты соңғы пайдаланушы төлейтін баға кейіннен жыл

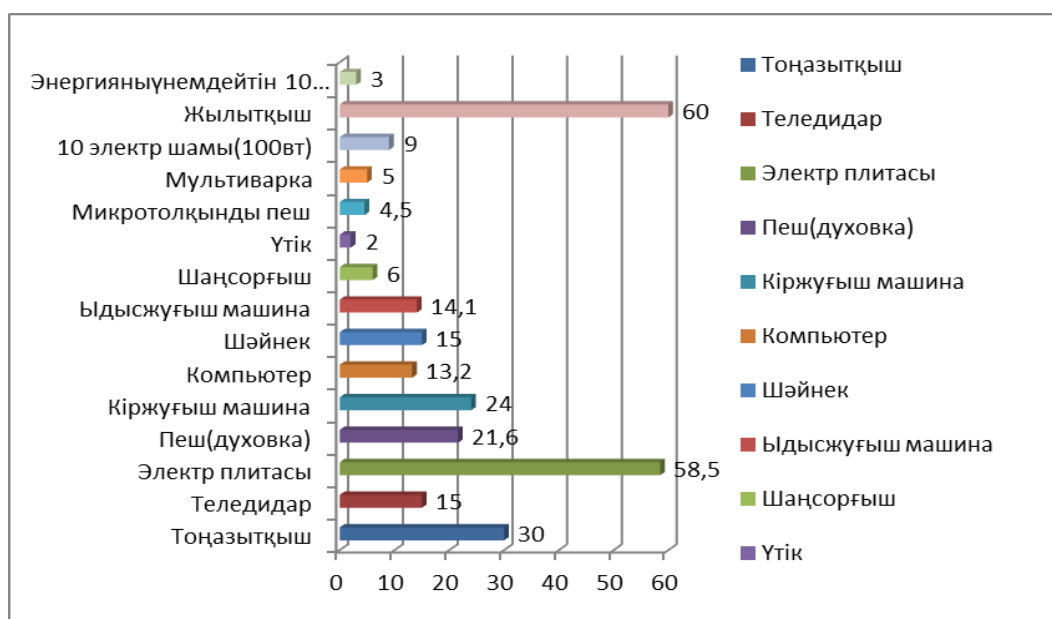
сайын артып келеді. Нәтижесінде энергия тиімді технологиялар мен электр жүйелерін оңтайландыру және дамыту қажеттілігі туындайды. Осы қажеттілікке байланысты энергия үнемдеу саласында жаңа іргелі және қолданбалы зерттеулер басталды. Энергияны тұтынудың айтарлықтай өзгеруіне әкелуі мүмкін осы зерттеу бағыттарының ішінде пайдаланушылар электронды құрылғылардың қуат тұтынуын оңай өлшеп, энергия тиімділігін арттыру үшін оларды пайдалануды оңтайландыру үшін энергияны тұтынуды тиімді бақылау және бақылау мүмкіндігімен біріктірілген жетілдірілген басқару және басқару тетіктерін әзірлеу болып табылады.

Бұл мақалада біздің автоматты жүйеміз үшін энергия көзі ретінде біз күн панелін таңдадық. Егер энергияның басқа баламалы көздерімен салыстыратын болсақ, соңғы жылдары күн энергиясы елеулі өзгерістерге ұшырады, сондай-ақ дамуда алға шықты. Күн энергиясы күн сәулесін энергия ретінде пайдаланады. Бұл үлкен кеңістікті алатын үлкен өлшемді генераторларды қажет етпейді. Бұл автоматты жүйенің тағы бір артықшылығы-жылжымалы элементтердің болмауы, бұл жүйенің әртүрлі механизмдерінің істен шығу қаупін жояды.

*Материалдар және зерттеу әдістері.* Біз жыл сайын күн сәулесінен алатын жалпы энергия тұтынығандан көп, демек бұл энергия көзі болашақ үшін ең жақсы көздердің бірі болуы мүмкін. Міндет – бұл энергияны үнемді пайдалану және сақтау [3].

Біздің күн панелімізге қажетті қуатты есептеу үшін айлық электр энергиясын тұтынуды білу қажет. Электр есептегішке қарап, сағатына киловаттқа тұтынылатын электр энергиясының қажетті мөлшерін анықтауға болады (1-кесте).

**1-кесте.** Құрылғылардың электр энергиясын тұтынуы (шамамен)



Күніне кВт энергияны тұтынуды есептеу үшін күн панелі бөле алатын энергия мөлшерін ескеру қажет. Сандық есептеуді жүргізу үшін кестелік мәліметтер мен алдыңғы суретке сәйкес күн тоқырауының (таңнан күн батқанға дейін) және панелінің қуатының көбейтіндісін табу керек, мысалы,  $542 \times 2 = 1084$  Вт, (2-кесте) (1-сурет).

Осы формаға сәйкес біз бір ай ішінде күн панелінен электр энергиясын өндіруді есептей аламыз. Бастау үшін келесі деректер қажет:

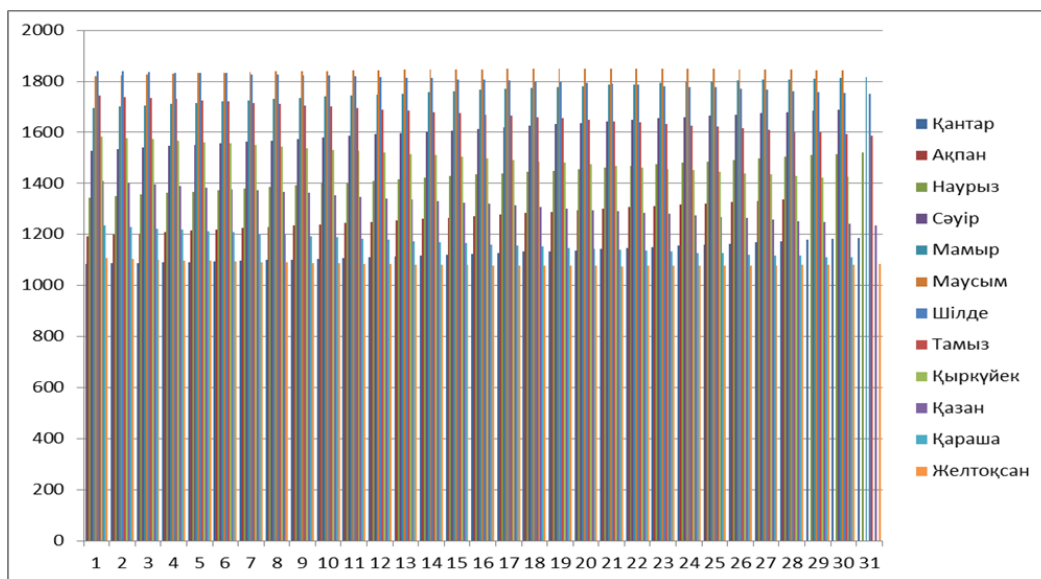
Кт – бір айдағы бұлтты күндер саны, мысалы, 1126,5;

Рк – бір күнде өндірілетін энергияның орташа мәні, мысалы, 15.

Біз Кт және Рк көбейту арқылы жоғалған қуатты есептейміз. Біздің деректер үшін осы мысалдан 168975 Вт аламыз.

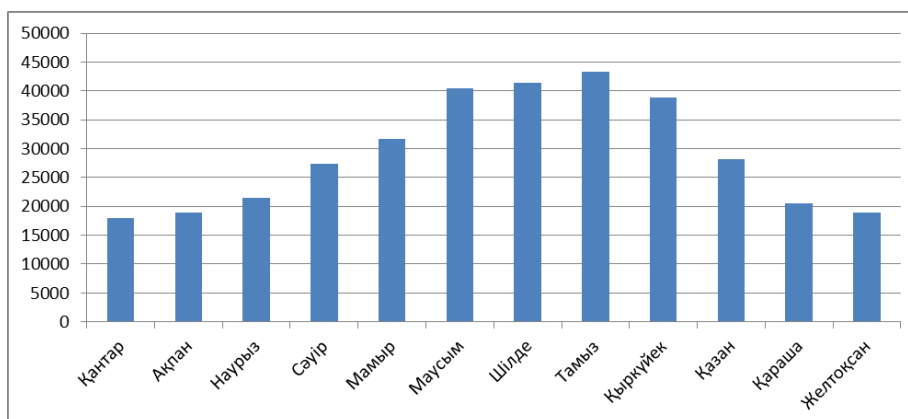
### 2-кесте. Бір күн панелінің жылдық қуаты

Қантар	Ақпан	Наурыз	Сәуір	Мамыр	Маусым	Шілде	Тамыз	Қыркүйек	Қазан	Қараша	Желтоқсан
1084	1192	1344	1528	1696	1820	1840	1744	1582	1408	1234	1106
1086	1198	1350	1534	1700	1822	1838	1738	1578	1402	1228	1104
1088	1204	1356	1540	1706	1826	1836	1734	1572	1396	1222	1100
1090	1208	1362	1546	1710	1830	1834	1730	1568	1390	1218	1098
1092	1214	1368	1552	1716	1832	1833	1724	1562	1384	1212	1096
1094	1218	1374	1558	1720	1834	1832	1720	1556	1378	1208	1094
1098	1224	1380	1564	1726	1836	1828	1716	1550	1374	1202	1092
1100	1228	1386	1568	1730	1838	1826	1710	1544	1368	1198	1090
1102	1234	1392	1574	1734	1839	1824	1706	1538	1362	1194	1088
1104	1240	1398	1580	1740	1840	1822	1700	1532	1354	1188	1086
1108	1244	1404	1586	1744	1842	1820	1696	1526	1348	1184	1084
1110	1250	1410	1592	1748	1844	1816	1690	1522	1342	1178	1083
1114	1256	1416	1598	1752	1845	1814	1686	1516	1336	1174	1082
1118	1262	1422	1604	1756	1846	1812	1680	1510	1330	1170	1081
1120	1266	1428	1608	1762	1846	1808	1676	1504	1324	1166	1080
1124	1272	1434	1614	1766	1847	1806	1670	1498	1320	1160	1079
1128	1278	1440	1620	1770	1848	1804	1664	1492	1314	1156	1078
1132	1284	1446	1626	1774	1848	1800	1660	1486	1308	1152	1078
1134	1288	1450	1632	1778	1849	1798	1654	1480	1302	1148	1077
1138	1294	1456	1636	1782	1849	1794	1648	1474	1296	1144	1077
1142	1300	1462	1642	1786	1849	1790	1644	1468	1292	1140	1076
1146	1306	1468	1648	1788	1849	1786	1638	1462	1286	1136	1077
1150	1310	1474	1654	1792	1848	1782	1632	1456	1280	1132	1077
1156	1316	1480	1658	1796	1848	1778	1626	1452	1274	1128	1077
1160	1322	1486	1664	1800	1848	1776	1622	1446	1268	1126	1078
1164	1328	1492	1670	1802	1847	1772	1616	1440	1264	1122	1078
1168	1332	1498	1674	1806	1846	1766	1610	1434	1258	1118	1079
1172	1338	1504	1680	1808	1846	1762	1604	1428	1252	1116	1080
1178		1510	1686	1810	1844	1758	1600	1422	1248	1112	1081
1182		1516	1690	1812	1842	1754	1594	1426	1242	1110	1082
1186		1522		1816		1750	1588		1236		1084



**1-сурет.** Бір күн панелінің жылдық қуаттылығының графигі

Бір айдағы алынған қуат мәнінен жоғалған қуатты алып тастай отырып, біз есептелген айдағы күн панелінің нақты өндірілген қуатының мәнін аламыз. Қарастырылып отырған мысал үшін біз 18024,5 Вт аламыз (2-сурет).

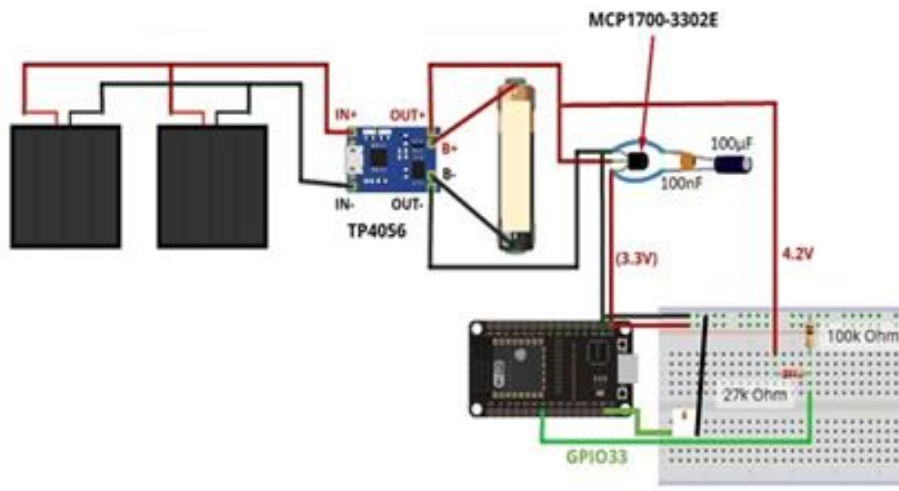


**2-сурет.** Дәл өндірілген энергия бір айда (бұлтты күндерсіз)

Электр энергиясына қажеттілікті егжей-тегжейлі есептеп, үйді толық қамтамасыз ету үшін 15 Вт қуаты бар 120 күн батареясын сатып алу керек.

*Нәтижелері және оларды талқылау*

Жүргізілген зерттеуге сәйкес объектіні энергиямен қамтамасыз етудің құрылымдық схемасы жасалды, ол 3-суретте көрсетілген. Күн батареясы төмен вольтты жарық диодты жарықтандыру жүйесі үшін және электрмен жабдықтау жүйесі үшін кернеуді түрлендіргеннен кейін қолданылады [5-6].



**3-сурет.** Электрмен жабдықтауды басқару және бақылау жүйесінің жалпы сызбасы

Күн панельдерінің қуаты тікелей күн сәулесінде 5-тен 6 В-қа дейін. Литий батареясын зарядтау үшін біз тек батареяны зарядтауға ғана емес, сонымен қатар қайта зарядтауға мүмкіндік бермейтін TP4056 модулін қолданамыз. Литий батареясының шығысында 3,3 В мәнін алу үшін төмен вольтты тұрақтандырғышты қосу керек, мысалы, MCP1700-3302e. толық зарядталған кезде литий батареясының шығысы 4,2 В болатын жағдайды шешу үшін Тұрақтандырғыш қажет.схемада көрсетілгендей, ESP32 кернеу реттегішінің шығысынан 3,3 түйреуіш арқылы қуат алады. Біздің мысалдағы күн панельдерінің шығыс кернеуі 5-6 В құрайды.

Егер сіз батареяңыздың тезірек зарядталуын қаласаңыз, параллель бірнеше күн панельдерін қолдана аласыз. Бұл мысалда екі шағын күн панелін қолданамыз.

Қолданылатын күн панельдерін параллель қосу үшін сәйкесінше осы панельдердің терминалдары (+) мен терминалдары (-) байланысы қажет.

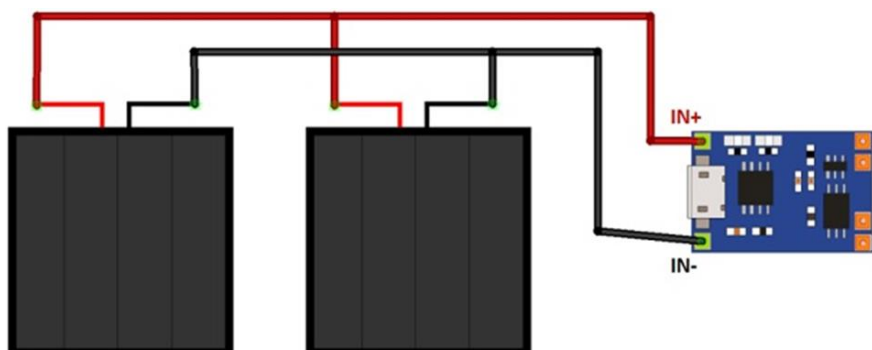
Күн панельдерін параллель қосқан кезде шығысында бірдей кернеу аламыз және тоқты екі есе көбейтеміз (бірдей күн панельдері үшін). 4-суретте көріп отырғаныңыздай, күн панельдері шамамен 6 В шығарады.



**4-сурет.** Күн панельдерінің параметрлерін табу үшін мультиметрді пайдалану

Жоғарыда айтылғандай, литий батареяларын TP4056 қуат модулімен зарядтау тізбектің шамадан тыс жүктелуіне жол бермейді және кері полярлықтан қорғайды.

Батарея зарядталған кезде қуат Модулінің индикаторы қызыл түспен жанады. Толық зарядтауға жеткенде индикатордың түсі жасылға өзгереді. Батареяларды қуат модуліне қосу үшін сәйкесінше терминалды (+) және түйреуішті (in+), сондай-ақ терминалды (-) және түйреуішті (IN -) қосыңыз (5-сурет).

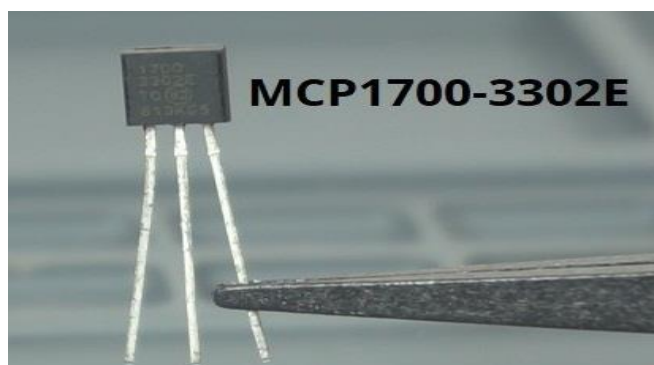


5-сурет. Күн панельдерін TP4056 қуаттау модуліне қосу

Содан кейін, батареяның (+) клеммасын В + контактісіне, ал батареяның (-) клеммасын В – контактісіне қосамыз.

OUT + және OUT – аккумуляторлық батареяның шығысы болып табылады. Литий аккумуляторларын толық зарядтап, оны мультиметрмен өлшеген кезде 4,2 В-қа дейін шығаратынын көрсетті (белгіде 3,7 В көрсетілген).

3,3 в контактісі арқылы ESP 32 қуатын алу үшін батареяның шығуынан 3,3 В алу үшін бізге кернеу тұрақтандырғыш тізбегі қажет. Кернеуді 4,2 В-тан 3,3 В-қа дейін төмендету үшін әдеттегі сызықтық кернеу реттегішін қолдану жақсы идея емес, өйткені батарея 3,7 В-қа дейін зарядталған кезде кернеу реттегіші жұмысын тоқтатады, өйткені оның кернеуі жоғары. Кернеуді тиімді төмендету үшін шығыс кернеуін реттей алатын қысқа болу үшін төмен кернеу реттегішін немесе LDO пайдалану керек.




6-сурет. MCP1700-3302е тұрақтандырғышы [2]

MCP1700-3302е-біз жасағымыз келетін ең жақсы нәрселердің бірі. НТ7333-а түрінде жақсы балама бар.



7-сурет. MCP1700-3302e тұрақтандырғышының балама түрлері

Осы екеуіне ұқсас сипаттамалары бар кез-келген LDO тұрақтандырғышы да жақсы балама болып табылады. Біздің ldo шығыс кернеуі, демалыс тогы, шығыс тогы және төмен кернеу туралы ұқсас сипаттамаларға ие болуы керек. Келесі құжаттамадан көреміз.



# MCP1700

## Low Quiescent Current LDO

<p><b>Features:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.6 <math>\mu</math>A Typical Quiescent Current</li> <li>• Input Operating Voltage Range: 2.3V to 6.0V</li> <li>• Output Voltage Range: 1.2V to 5.0V</li> <li>• 250 mA Output Current for Output Voltages <math>\geq</math> 2.5V</li> <li>• 200 mA Output Current for Output Voltages <math>&lt;</math> 2.5V</li> <li>• Low Dropout (LDO) Voltage           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 178 mV Typical @ 250 mA for <math>V_{OUT} = 2.8V</math></li> </ul> </li> <li>• 0.4% Typical Output Voltage Tolerance</li> <li>• Standard Output Voltage Options:           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.2V, 1.8V, 2.5V, 2.8V, 3.0V, 3.3V, 5.0V</li> </ul> </li> <li>• Stable with 1.0 <math>\mu</math>F Ceramic Output Capacitor</li> <li>• Short Circuit Protection</li> <li>• Overtemperature Protection</li> </ul>	<p><b>General Description:</b></p> <p>The MCP1700 is a family of CMOS low dropout (LDO) voltage regulators that can deliver up to 250 mA of current while consuming only 1.6 <math>\mu</math>A of quiescent current (typical). The input operating range is specified from 2.3V to 6.0V, making it an ideal choice for two and three primary cell battery-powered applications, as well as single cell Li-Ion-powered applications.</p> <p>The MCP1700 is capable of delivering 250 mA with only 178 mV of input to output voltage differential (<math>V_{OUT} = 2.8V</math>). The output voltage tolerance of the MCP1700 is typically <math>\pm 0.4\%</math> at <math>+25^{\circ}C</math> and <math>\pm 3\%</math> maximum over the operating junction temperature range of <math>-40^{\circ}C</math> to <math>+125^{\circ}C</math>.</p> <p>Output voltages available for the MCP1700 range from 1.2V to 5.0V. The LDO output is stable when using only 1 <math>\mu</math>F output capacitance. Ceramic, tantalum or aluminum electrolytic capacitors can all be used for</p>
---	---

8-сурет. MCP1700-3302e құжаттамасы [3]

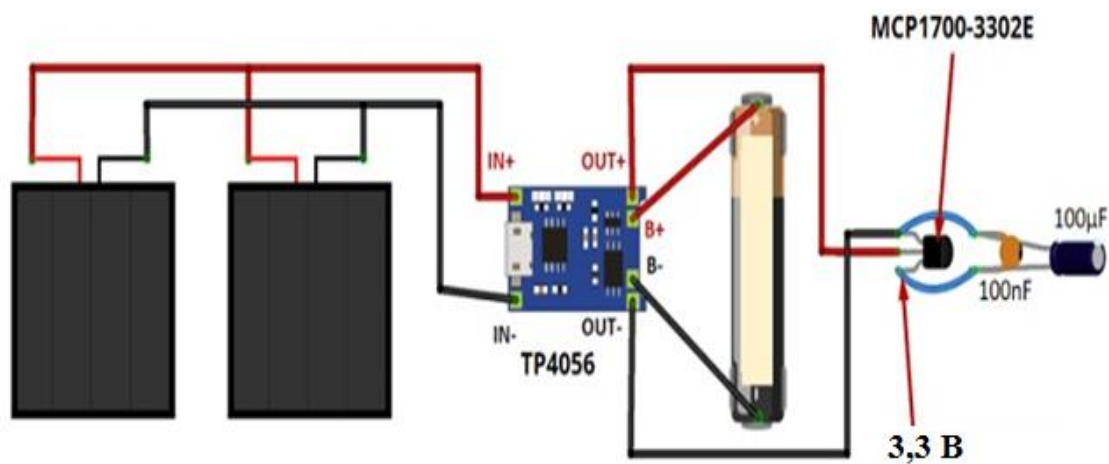
Міне, MCP1700-3302e Түйреуіші: GND, VIN және VOUT тұжырымдары.



9-сурет. MCP1700-3302E шығыстары

Ldo-да кернеу шындарын тегістеу үшін GND және Vout-қа параллель қосылған керамикалық конденсатор және электролиттік конденсатор болуы керек. Мұнда біз 100 мкФ электролиттік конденсаторды және 100 нФ керамикалық конденсаторды қолданамыз.

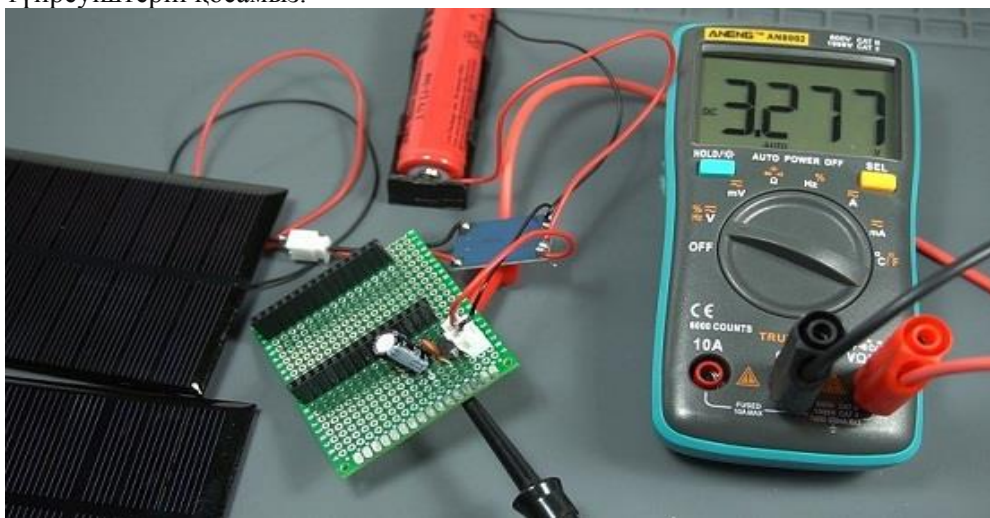
Алдыңғы тізбекке кернеу реттегішінің тізбегін қосу үшін келесі тізбекті орындаймыз. Маңызды: электролиттік конденсаторлардың полярлығы бар! Ак/сұржолақтысым GND-ге қосылуы керек.



**10-сурет.** Тізбекке тұрақтандырғышты және конденсаторларды қосу

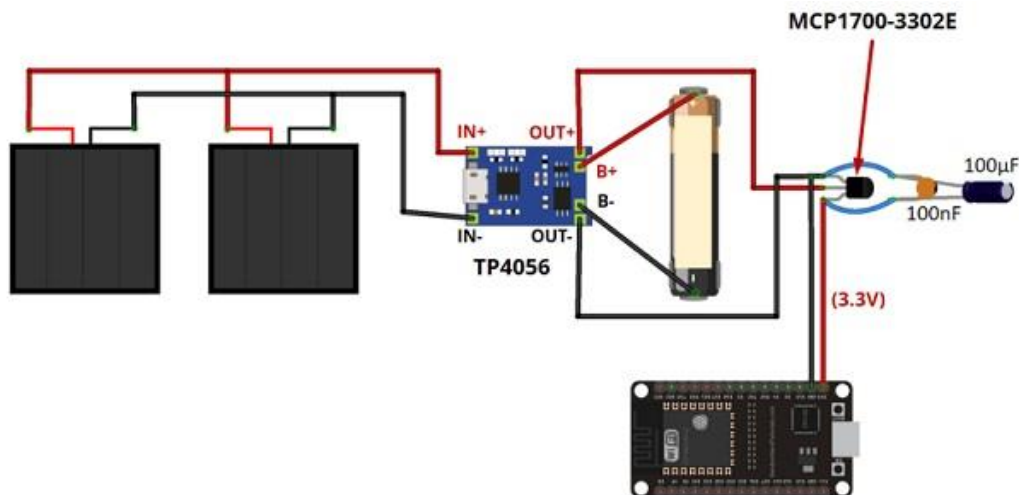
Кернеу реттегішінің Vout шығысы 3,3 В шығаруы керек, бұл ESP32 немесе ESP8266 қуатын беретін байланыс.

Жоғарыда аталған барлық әрекеттерден кейін біз микроконтроллерді қосамыз, біздің жағдайда бұл ESP8266 болады. Біз vout және 3,3 в түйреуіштерін, сондай-ақ сәйкесінше GND түйреуіштерін қосамыз.



**11-сурет.** Кернеу реттегішін табу үшін мультиметрді пайдалану





**12-сурет.** ESP8266 микроконтроллерінің түйреуіштерін кернеу реттегішіне қосу

Егер бізде ESP32 батареямен немесе күн батареясымен жұмыс істесе, бұл жағдайда батарея деңгейін бақылау өте пайдалы болуы мүмкін. Мұны істеудің бір әдісі-аналогтық ESP32 контактісін пайдаланып батареяның шығыс кернеуін оқу. Алайда, біз мұнда қолданатын батарея толық зарядталған кезде максимум 4,2 В шығарады, бірақ GPIO ESP32 желілері 3,3 в-да жұмыс істейді. Сонымен, батареяның кернеуін санау үшін кернеу бөлгішін қосу керек.

Кернеу бөлгішінің формуласы келесідей:  $V_{out} = (V_{in} * R_2) / (R_1 + R_2)$ . Сонымен, егер біз  $R_1 = 27 \text{ кОм}$  және  $R_2 = 100 \text{ кОм}$  қолдансақ, біз 3,3 В аламыз, батарея толық зарядталған кезде  $V_{OUT}$  шығысы 3,3 В болады, оны GPIO ESP32 сызықтарымен оқи аламыз. Келесі схемада көрсетілгендей, тізбегіңізге екі резистор қосыңыз.

Бұл жағдайда біз GPIO33 арқылы батарея деңгейін қадағалаймыз, бірақ біз кез-келген басқа қолайлы GPIO-ны қолдана аламыз. Сонымен, батарея деңгейін алу үшін gpio33-тегі кернеуді кодтағы `analogRead()` функциясын қолдана отырып оқи аламыз (Егер Arduino IDE қолдансақ).

*Қорытынды.* Электр энергиясына қажеттілікті есептеуден кейін үйді толық қамтамасыз ету үшін 15 Вт 120 күн батареялары қажет екендігі анықталды. Нысанды энергиямен қамтамасыз етудің құрылымдық схемасы жасалды. Жабдықты пайдалану және таңдау егжей-тегжейлі қарастырылған. Электрмен жабдықтауды басқару және басқару жүйесін құрастырудың мысалдары келтірілген.

#### References

1. Message from the President of the Republic of Kazakhstan Kassym-Jomart Tokayev, Nur-Sultan, March 16, 2022.
2. DNV's Energy Transition Outlook is an independent, model-based forecast of the world's most likely energy future through to 2050, 2021, <https://eto.dnv.com/2021#ETO2021-top>
3. Asaithambi S., Venkatraman S., Venkatraman R. Big Data and Personalisation for Non-Intrusive Smart Home Automation, Big Data and Cognitive Computing, 2021, 5. 6. 10.3390/bdcc5010006.
4. Sánchez-Torija, J.G., Nieto, M.A.F. Energy consumption of buildings and urban energy poverty assessment: case study of a Madrid neighbourhood. Energy Efficiency 15, 53 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12053-022-10061-w>
5. Bordón-Lesme, M., Freire-González, J. & Padilla Rosa, E. Do household energy services affect each other directly? The direct rebound effect of household electricity consumption in Spain. Energy Efficiency 15, 47 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12053-022-10048-7>

6. Pallonetto F. et al. On the assessment and control optimisation of demand response programs in residential buildings // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2020. – Т. 127. – С. 109861.
7. Shvets O., Naizabayeva A. Model for predicting energy consumption in a house // *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Tokyo, Japan. 2022. pp. 1004-1008 URL: <https://isg-konf.com/multidisciplinary-academic-notes-theory-methodology-and-practice/> Available at: DOI: 10.46299/ISG.2022.1.17
8. Beszédes B., Széll K., Györök G. Redundant photo-voltaic power cell in a highly reliable system, *Electronics (Switzerland)*, V. 10, Issue 11, 1 June 2021, No 1253.
9. He Y. Energy saving of central air-conditioning and control system: Case study: Nanchang Hongkelong Supermarket. Available at: <http://theseus17-kk.lib.helsinki.fi/handle/10024/21077> [Accessed October 4, 2022].
10. Shvets O., Seebauer M., Naizabayeva A., Toleugazin A.: Autonomous power supply systems optimization for energy efficiency increasing. 15th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas organized in the frame of Hungarian Science Festival 2020 by Óbuda University, 12.11.2020, pp. 128-132.
11. Shvets O., Naizabayeva A., Seebauer M. Autonomous life support using intelligent analysis in Kazakhstan. Proceedings of 17th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas organized in the frame of Hungarian Science Festival 2020 by Óbuda University, 17.11.2022
12. Yu, S., Mandel, T., Thomas, S. et al. Applying the Energy Efficiency First principle based on a decision-tree framework. *Energy Efficiency* 15, 42 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12053-022-10049-6>
13. Savrasov F.V. "Options for constructing autonomous power supply systems using photovoltaic devices and algorithms for their operation"// *Online journal "Science Studies"*.-2013.-No.6.-pp.1-13.
14. Derachits A.I. "Management of the solar tracking system for mobile solar power plants"//*Information control systems and computer monitoring (IUS KM 2013)* -2013.-pp.528-532
15. Naizabayeva A, Baklanov A, Seebauer Márta, Soltan Almas. "Efficient Monitoring and Control of Solar Energy Consumption by LED Lighting Devices with Embedded Microcontroller". Proceedings of 14th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas organized in the frame of Hungarian Science Festival 2019 by Óbuda University, 14.11.2019. Székesfehérvár, Hungary, pp. 13-16