



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET
MŰSZERTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



SZAKDOLGOZAT



OE-KVK
2023.

Dörgő Barnabás
T006359/F112904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Dörgő Barnabás

Szakdolgozat száma: SZD2309040923399599

Törzskönyvi száma: T006359/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven) (Budapest)

Specializáció: Műszer-automatika specializáció

Számítógépes folyamatautomatizálás modul

Automatizált gyártórendszerek modul

Elektronikai - Orvostechnikai műszerek és tesztelés modul

Felügyeleti informatika és elektronikus vagyonvédelem modul

A dolgozat címe: SIMATIC periféria családjának terheléses tesztjeihez modulárisan felhasználható konfiguráció kiépítése és tesztelése laborkörülmények között

A dolgozat címe angolul: Building modular configuration for load tests and executing test cases for the SIMATIC product family under lab condition

A feladat részletezése: Előzetesen megtervezett terheléses rack alapján állítson össze egy konfigurációt, amely elősegíti a jövőben érkező digitális kimeneti modulok terheléses tesztjeit a projekten jelen lévő SIMATIC periféria termékcsaládra (pl. ET200SP, ET200MP, ET200 eco PN, stb). A konfigurációkat úgy tervezze meg, hogy az modulárisan alkalmazható legyen a legtöbb eszközhöz (32, 16, 8 csatornás, illetve különböző terhelhetőségű modulok: 2 A, 0.5 A, 0.3 A, 0.1 A). A konfiguráció validálásához végezze el a terheléses teszteket minden termékcsaládból egy eszközre és dokumentálja. Vizsgálja meg a teszteket és tárja fel az automatizálási lehetőségeket.

Intézményi konzulens neve: Varga Árpád

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 12. 31.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 10. 26.

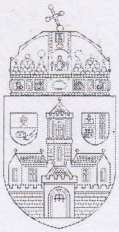


Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

Varga Árpád
belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

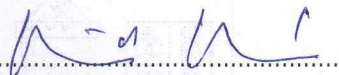
KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET
MŰSZERTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2023.12.15.....


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	9
2	Simatic perifériacsald bemutatása	10
2.1	Programozható Logikai Vezrlő (PLC)	10
2.1.1	Általános felépítés	11
2.1.2	PLC memória területei	12
2.1.3	PLC program ciklus	12
2.1.4	Siemens típusú PLC-k.....	13
2.2	Decentrális perifériák	15
2.3	Modulok típusai	17
2.4	Terepi buszrendszerek.....	18
2.4.1	Profibus	19
2.4.2	Profinet	20
3	Terheléses tesztek általános bemutatása	21
3.1	Kimeneti feszültség tesztelése	22
3.2	Kimeneti áram tesztelése	22
3.3	Rövidzárlat védelem tesztelése	22
3.4	Kimeneti jelek zavarásra való ellenállásának a tesztelése	23
3.5	Kimenet fel- és lefutási idejének a tesztelése.....	23
3.6	Induktív kikapcsolási feszültség tesztelése	23
3.7	Fordított polaritás védelem tesztelése	23
3.8	Lámpás terheléses teszt.....	23
3.9	Fordított polaritású feszültséges tesztelés	24
3.10	Egy terhelés párhuzamosan két csatornával való vezérlésének a tesztje	24
3.11	Kapcsolási frekvencia tesztelése	24
3.12	Valós terheléssel történő teszt.....	24
3.13	Terheléses csoportok különböző fázisokkal való tesztelése	25

3.14	Feszültségmentesség tesztelése.....	25
3.15	LED-es tesztelés.....	25
4	Terheléses Rack bemutatása.....	25
4.1	Koncepció bemutatása	25
4.2	A rack felépítése.....	26
4.3	Megépítés folyamata	27
4.4	A rack-en elvégezhető tesztek.....	28
4.5	Fejlesztési lehetőségek.....	28
5	Terheléses teszthez felhasználható konfiguráció kiépítése	29
5.1	Tesztelendő modulok	29
5.2	A konfiguráció részei.....	29
5.3	Bekötések.....	30
5.4	További felhasznált eszközök	32
6	Tesztelő program bemutatása.....	34
6.1	Előkövetelmények.....	34
6.2	Működés.....	34
6.3	Funkcióblokkok	36
6.3.1	Output_ON_OFF.....	36
6.3.2	Output_longtime.....	38
6.4	Diagnosztika	41
7	A konfiguráción elvégzett tesztek	43
7.1	Kimeneti feszültség tesztelése 0 jelnél.....	43
7.1.1	Teszt követelményei.....	43
7.1.2	Bekötések	44
7.1.3	Teszt bemutatása	44
7.1.4	Eredmény	46
7.2	Kimeneti feszültség teszt 1 jelnél.....	46

7.2.1	Teszt követelményei.....	46
7.2.2	Bekötések	46
7.2.3	Teszt bemutatása	47
7.2.4	Eredmény	47
7.3	Kimeneti feszültség teszt változtatható terhelés esetén	48
7.3.1	Teszt követelményei.....	48
7.3.2	Bekötések	48
7.3.3	Teszt bemutatása	48
7.3.4	Eredmény	48
7.4	Kimeneti áram kapcsolásos tesztje	49
7.4.1	Teszt követelményei.....	49
7.4.2	Bekötések	49
7.4.3	Teszt bemutatása	49
7.4.4	Eredmény	50
7.5	Kimeneti áram statikus tesztje	50
7.5.1	Teszt követelményei.....	50
7.5.2	Bekötések	50
7.5.3	Teszt bemutatása	51
7.5.4	Eredmény	51
7.6	Kimeneti áram kapcsolásos tesztje egy csatornára	51
7.6.1	Teszt követelményei.....	51
7.6.2	Bekötések	52
7.6.3	Teszt bemutatása	52
7.6.4	Eredmény	52
7.7	Kimeneti áram statikus tesztje egy csatornára	53
7.7.1	Teszt követelményei.....	53
7.7.2	Bekötések	53

7.7.3	Teszt bemutatása	53
7.7.4	Eredmény	54
7.8	Maximum maradó áram tesztje.....	54
7.8.1	Teszt követelményei.....	54
7.8.2	Bekötések	54
7.8.3	Teszt bemutatása	54
7.8.4	Eredmény	55
7.9	Rövidzárlat védelem csatornánkénti tesztje.....	55
7.9.1	Teszt követelményei.....	55
7.9.2	Bekötések	56
7.9.3	Teszt bemutatása	56
7.9.4	Eredmény	56
7.10	Rövidzárlat védelem küszöbértékének a tesztje.....	56
7.10.1	Teszt követelményei	56
7.10.2	Bekötések.....	57
7.10.3	Teszt bemutatása.....	57
7.10.4	Eredmény.....	57
7.11	Rövidzárlat alatti kapcsolósos teszt.....	57
7.11.1	Teszt követelményei	57
7.11.2	Bekötések.....	57
7.11.3	Teszt bemutatása.....	58
7.11.4	Eredmény.....	58
7.12	Rövidzárlat alatti statikus teszt	58
7.12.1	Teszt követelményei	58
7.12.2	Bekötések.....	59
7.12.3	Teszt bemutatása.....	59
7.12.4	Eredmény.....	59

7.13	Felfutási idő tesztje	59
7.13.1	Teszt követelményei	59
7.13.2	Bekötések.....	60
7.13.3	Teszt bemutatása.....	60
7.13.4	Eredmény	61
7.14	Lefutási idő tesztje	61
7.14.1	Teszt követelményei	61
7.14.2	Bekötések.....	62
7.14.3	Teszt bemutatása.....	62
7.14.4	Eredmény	62
7.15	Induktív kikapcsolási feszültség tesztje	63
7.15.1	Teszt követelményei	63
7.15.2	Bekötések.....	63
7.15.3	Teszt bemutatása.....	63
7.15.4	Eredmény	65
8	Összefoglalás.....	66
9	Summary	67
10	Köszönetnyilvánítás	68
11	Ábrajegyzék	69
12	Irodalomjegyzék.....	72

1 Bevezetés

A szakmai gyakorlatomat az Evosoft Hungary Kft. Test Sense and Act projektjénél töltöttem. A csapat a Siemens S7-300 és az S7-1500 termékcsaládjához tartozó interface és periféria modulok tesztelésével foglalkozik. Az itt tesztelendő modulok korábban már átestek a komponens és az integrációs teszten, tehát az ezután következő rendszerteszt elvégzése a fő feladat. [1]

Ez egy fontos és felelősségteljes része a termék fejlesztésének, ugyanis kiadás előtt nekünk kell ellenőrizni, hogy megfelel-e a specifikációknak. Az alapos munka és a hibák minél hamarabbi kijavításának az érdekében a csapat szorosan együttműködik a fejlesztőkkel. A kapcsolattartás egy hibabejelentő rendszer által valósul meg, amin keresztül minden hibáról, bugról, valamint a másik oldalról minden javításról rögtön értesül mindenki.

Kimeneti modulok esetén az említett teszteknek egy fontos lépése a terhelhetőség ellenőrzése. Előre specifikálva vannak különböző határértékek, amelyeknek meg kell felelni, és amelyeket mind külön-külön szükséges megvizsgálni. A projekten eddig lefutott tesztek során azonban világossá vált, hogy szükség van egy dedikált munkaállomásra, ami külön a terheléses tesztekhez van kialakítva és úgy legyen kialakítva, hogy minél inkább egyszerűsítse és gyorsítsa a kollégák munkáját.

Ennek érdekében az én feladatom volt egy tesztberendezés megépítése, majd azon belül is egy olyan konfiguráció összeállítása, melyen az előző megoldásokhoz képest gyorsabban és egyszerűbben lehet dolgozni. Ezt a konfigurációt úgy kellett megterveznem, hogy a lehető legtöbb, a projekten jelenlévő eszközcsaládra alkalmazható legyen. A validálásához elvégeztem a racken lefuttatható tesztek és dokumentáltam.

A feladatom bemutatásához először ismertetem a Simatic perifériacsaládot. Majd a terheléses tesztek mutatom be általánosan. Ezután a megépített rackkel és az összeállított konfigurációval foglalkozom. Végül a tesztek dokumentálása következik és értékelem az eredményeket.

2 Simatic perifériacsatlád bemutatása

2.1 Programozható Logikai Vezérlő (PLC) [2]

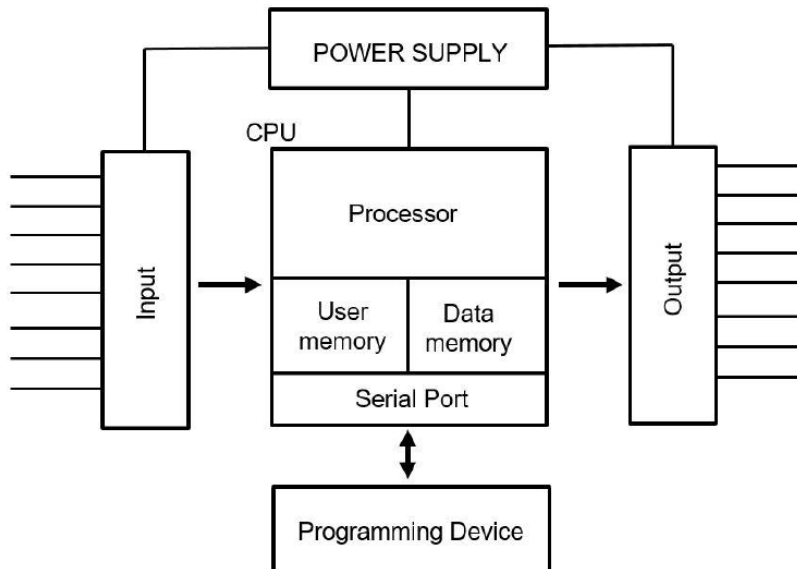
Az ipari automatizálási rendszerekben kiemelten fontos, hogy a különböző technológiák vezérlését egy, a nagy számítási kapacitás mellett nagyon megbízható eszköz végezze. Erre a feladatra a specifikusan tervezett vezérlő a PLC (Programmable Logic Controller). Elődjével, a relés rendszerekkel szemben a PLC programozható és képes nagy mennyiségű bemenő és kimeneti jeleket kezelni, digitálisat és analógot is. Tehát fogadja a terepen található szenzorok jeleit és vezérli a beavatkozókat, de mindezek mellett tud más PLC-kel is kommunikálni, valamint redundáns hardver is építhető a felhasználásával.

A programozási nyelveit a gyártók dolgozták ki és az IEC 61131-3 szabványban lettek rögzítve. Ezek között vannak grafikus nyelvek, mint a létradiagram (LD) és a sorrendi funkció ábra (SFC), és vannak szöveges nyelvek is, mint a strukturált szöveg (ST) és az utasítás soros nyelv (IL), de ezeken kívül a gyártók használnak egyedi nyelveket is.

A kommunikáció a PLC és a rendszer egyéb eszközei között és akár külön rendszerek között nagy sebességű ipari buszhálózaton valósul meg. Általában a számítástechnikában ismert Ethernet hálózat egy ipari változatát szokták használni, amely megkönnyíti az esetleges irodai hálózattal való összekötést is. Siemens rendszerek esetén jelenleg a legelterjedtebb buszrendszer a Profinet, és elődje, a Profibus.

2.1.1 Általános felépítés [3] [4]

A PLC főbb egységei az 1. ábrán láthatók.



1. ábra: PLC felépítése

Az áramellátásért a tápegység (Power Supply) felelős. A PLC-k szabványos tápfeszültsége 0-24 VDC.

A számítási műveleteket és az összes folyamat irányítását a CPU (Central Process Unit) végzi, amely gyakorlatilag a PLC és a rendszer agya. Több memóriaterülete is van, külön rész a PLC program futtatásához és külön rész a beolvasott értékek tárolására.

A bemeneti modulban (input module) történik az I/O eszközökkel való kommunikáció beolvasás része. Analóg bejövő jel esetén átalakítja a jelet digitálissá.

A kimeneti modulban a CPU által és a felhasználói programban meghatározott módon kiszámolt kimeneti változók kiadása történik és szükség esetén a jelek analóggá alakítása.

A programozó eszközhöz (Programming Device) való csatlakozás egy soros porton (serial port) keresztül történik. A felhasználó az általa itt feltöltött programot valós időben is tudja követni és szerkeszteni.

2.1.2 PLC memória területei

A PLC memóriája több területre osztható. Az irányítóprogram tárolása egy Flash típusú memóriában (Load Memory) történik, ami általában egy memóriakártya. Azért alakították így ki, hogy a tápfeszültség megszűnése után is minden esetben megmaradjon a tartalma. A memóriakártya esetén további előny, hogy a vezérlő meghibásodása esetén elég azt csak az új eszközbe behelyezni és nem szükséges az újraprogramozás.

A rendszer indításakor íródik a program a CPU-ba, azon belül is a felhasználói memóriába (User Memory). Kizárólag innen történik tehát a program futtatása.

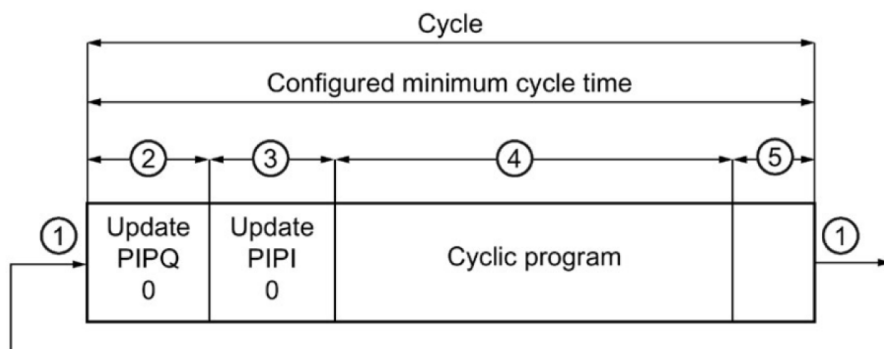
A PLC másik memóriaterületében, az adatmemóriában (Data Memory) pedig a program által használt változók értékei, merkek, időzítők, számlálók kerülnek tárolásra. Jellemzően ezt a területet csak a program tudja kezelni.

Bizonyos, adatmemóriában tárolt változók értékeinek a megőrzése is szükséges lehet tápfeszültség kiesése esetén. Ebben az esetben az így beállított memóriamodulok egy segédelem segítségével tarthatják meg a tartalmukat. Ez a segédelem általában a tápegységben vagy a CPU-ban található.

2.1.3 PLC program ciklus

A PLC-n a vezérlő program futása ciklikus, tehát folyamatosan újra és újra végrehajtódik. Egy Siemens típusú PLC program ciklusa az xy ábrán látható lépésekből áll. Ettől más típusok eltérhetnek, de általában hasonlóak hozzá.

Fontos kifejezés a ciklus bemutatásához a process image (PI), ez az a memória terület, ahol a PLC eltárolja a bemeneti modulokból beolvasott státuszokat és a kimeneti modulokra kiírandó változók értékeit.



2. ábra: PLC ciklus

1. Először, az előző ciklus végeztével minden felhasználói adat változatlan és ekkor ad visszajelzést a PLC az előző ciklus idejéről, valamint ekkortól kezdi mérni a következő ciklus idejét. Két esetben fejeződhet be egy ciklus. Egyrészt az utolsó program blokk befejezése és a minimum ciklusidő letelte esetén. Másrészt, ha be lett állítva, akkor a maximum ciklusidő elérésekor.
 2. A következő lépésben a CPU kiírja a kimeneti modulokra a process image kimenetét.
 3. Aztán beolvassa és beleírja a process image bemeneti részébe a bemenetek értékeit.
 4. Utána következik a felhasználói program és a beleírt utasítások végrehajtása. Ezekbe beletartoznak a különféle megszakítások, organizációs blokkok, és egyéb, a program által definiált funkciók, kommunikációk. A végrehajtás a prioritás sorrendjében történik, amely egyes esetekben beállítható, bizonyos blokkoknál pedig nem lehet átállítani.
 5. Végül az utolsó lépésben a PLC megvárja a minimálisan megadott ciklusidő végét.
- A PLC program ciklusideje tehát a fent felsorolt lépések időinek az összegéből áll össze.

2.1.4 Siemens típusú PLC-k [5] [6]

A Siemens típusú PLC-ket két generációra lehet osztani. Az elsőt klasszikus családnak hívják és a másodikat, ami leváltotta, pluszos családnak nevezik.

A klasszikus család még a Step7 Classic fejlesztőkörnyezettel került bevezetésre és az S7-300, valamint az S7-400 típusú PLC-k tartoznak hozzá. A különbség a kettő között, hogy a 300-as termékcsaládot főleg gyártásautomatizálási feladatokhoz ajánlják, míg a 400-as termékcsaládot, amelyek nagyobb IO mennyiséget képesek lekezelni, a folyamatszabályozási műveletekhez javasolják.

Az PLUS-os család, más néven a 1500-as világ PLC-i az S7-1200 és az S7-1500 és már a TIA Portal fejlesztőkörnyezettel vezették be őket. Az átjárhatóság érdekében a TIA Portalba be lehet projektálni még a régebbi, klasszikus eszközöket is, ugyanakkor a Step7 környezetben a PLUS-os világ eszközei már nem támogatottak. A szakterületeken való alkalmazás tekintetében az innovatív iránynál már arra törekedtek, hogy az S7-1500 típusú PLC alkalmas legyen az összes területen helytállni, ezért Advanced Controller-nek is hívják. Az S7-1200-nak pedig a másik neve a Basic Controller, és kisebb a teljesítménye miatt az alacsonyabb igények esetén jelentheti a költséghatékonyabb megoldást.

Ezekhez a típusokhoz szükséges még hozzávenni a klasszikus családban az ET200S és ET200PRO, valamint a pluszos családban az ET200SP és szintén az ET200PRO CPU-val ellátott verzióit is, ezek kifejezetten kisebb méretű és gépek mellé telepíthető decentrális változatok. Érdekesség az ET200PRO-val kapcsolatban, hogy IP65/67-es védettségi szinttel vannak ellátva és illeszthetők classic-os és plus-os CPU-khoz is. A decentrális perifériákról bővebben a 2.2-es pontban írok.



3. ábra: Legelterjedtebb Siemens PLC típusok

Mind a két családba tartozó PLC típusok között vannak, amik plusz külön betűvel vannak ellátva, C, F, H vagy T betűvel, ezek speciális eszközök.

A C betű a kompakt (compact) kifejezést jelöli. Ezeknél az egységeknél centrálisan vannak beépítve is modulok, de lokálisan is bővíthetők további modulokkal. A 200-as és az 1200-as típusú PLC-k mind kompakt típusúak.

Az F betű a Fail-Safe kifejezésre és a fokozott biztonsági előírásoknak való megfelelésre utal. A betű jelzés mellett sárga színű megjelölést is kapnak és a PLC típusok mellett egyes moduloknál is alkalmazzák. A fokozott biztonságot extra beállításokkal és speciális blokkokkal tudják elérni és azzal, hogy az eszközöknek az IEC-61508 szabványnak kell megfelelni.

A H betű a redundáns PLC-ket jelöli. A redundáns rendszereknél minimum két hardware van valamilyen kommunikációs kábellel összekötve, amelyen szinkronizálnak (esetek nagy részében optikai kábel).

Az egyik hardware a Primary (elsődleges) amely a számításokat végzi és szinkronizál a másikkal, amely a Backup (tartalék). Amennyiben valamilyen hiba lép fel a Primary CPU-val akkor a Backup veszi át a Primary szerepét.

A T betű pedig a technology szóra, tehát a technológiai CPU-kra utal, amiket speciális, általában hajtástechnikai feladatokhoz fejlesztettek ki.

A PLC-k típusjelzéseinél érdemes még megjegyezni, hogy a bennük található számnak az utolsó számjegye (1-9) a CPU teljesítményére utal. Például az S7-1516-3 PN/DP jelzésben a 6-os utal erre. A nagyobb szám nagyobb számítási kapacitást jelent.

2.2 Decentrális perifériák [7]

A PLC-khez centrálisan a hátlapi buszon keresztül lehet modulokat csatolni. Lehetőség van azonban a CPU-tól távol, akár több száz méterre is összekapcsolni velük, erre valók az interface modulok (IM). Ebben az esetben a különböző modulokat az IM mögé kell felhelyezni, általában szintén hátlapi busz segítségével, és ilyenkor az IM feladata a kommunikáció a PLC és a modulok között. Ez a bemenetek olvasását, kimenetek írását és a diagnosztikai adatok továbbítását jelenti. A decentralis rendszerek kiépítésével jelentősen spórolni lehet a kábelezési költségeken és javítani a zavarvédelesten, hiszen így a modulokat helyileg, az ipari berendezések közelében el lehet helyezni és a CPU-t csak egy kábellel szükséges összekötni az interface modullal.

A decentralis perifériák esetében is beszélhetünk termékcsaládokról, a klasszikus családba tartoznak például az ET200S és ET200M és az innovációsba az ET200SP és ET200MP. Segítség lehet a megkülönböztetésben, hogy a P betű ilyenkor a plus-os világhoz tartozást jelenti. Azonban a decentralis megnevezésnek kicsit ellent mondhat, hogy az MP-és modulok kivételesen közvetlen a CPU mögé is csatlakoztathatóak.

A két általános termékcsaládon kívül megkülönböztetünk még IP (International Protection Marking) védett modulokat, például ET200PRO, ET200AL és ET200ecoPN. Az IP védelem azt jelenti, hogy az általuk jelölt modulokat speciális tokozás védi, amely ellenáll a környezeti hatások (például por, csepp, víz és erőhatás) szabványban meghatározott mértékének. Az egyik legnagyobb felhasználója ezeknek a termékeknek az élelmiszeripar, ahol bármikor előfordulhat, hogy valamilyen anyag ráfolyik az eszközökre, melyeknek ennek ellenére zavartalanul kell tudni működniük tovább. Az ecoPN külön jellemző tulajdonsága, hogy egy kompakt modul, tehát az interfész modul és a perifériák egybe vannak építve.



4. ábra: Példa decentralis periféria típusokra

Rögzítést tekintve is vannak eltérések a különböző eszközök között. Az S7-300-as CPU az ugyanolyan névvel ellátott, S7-300-as sínekre illeszthető. Az S7-1200, ET200S és ET200SP eszközök rögzíthetők a szabványos 35 mm-es DIN kalapsínre. Az S7-1500-as CPU a szintén ugyanazzal a névvel ellátott sín típusra rakható, amely annyiban különleges, hogy az alsó és a felső pereme úgy lett kialakítva, hogy a 300-as CPU is ráilleszthető. Ugyanakkor az alsó perem kialakítása a 35 mm-es kalapsínnel is megegyezik, ezáltal az arra felhelyezhető eszközök is rögzíthetők ezen a sín típuson. Ezeken az eszközökön kívül van még egyrészt az ET200PRO, ami a PRO névre keresztelt sínre rögzíthető. Másrészt van még az ET200AL és az ET200ecoPN, amelyek furatszereltek és csavarokkal segítségével kell őket felszerelni például más gépek oldalára. Emiatt out of box moduloknak is hívják őket, mert nem feltétlen egy PLC szekrényben kerülnek felszerelésre. Továbbá a modulokkal való összeköttetésük sem egy hátlapi buszon történik, hanem etcon kábel segítségével.



5. ábra: Különböző sín típusok

A különböző termékeket egy eszköztípuson belül meg lehet különböztetni általános tudásuk alapján is, ezt a gyártó a típusjelzésben is feltünteti. A következő változatok vannak funkcióik szerint növekvő sorrendben: BA (Basic), ST (Standard), HF (High Feature) és HS (High Speed). Ezt a jellemzést egyaránt használják az interfész modulok és az egyéb modulok megjelölésére is.

2.3 Modulok típusai

A Siemens a moduljai megnevezésénél feltünteti rövidítve az általános típusát is. A különféle modul kategóriák a jelzéseikkel együtt a következők: DI (digitális bemenet), DQ (digitális kimenet), AI (analóg bemenet), AQ (analóg kimenet), CM (kommunikációs), TM (technológiai). A megnevezés további részében a csatornák száma, feszültség és áram jelszint és a 2.2 pont végén már megemlített funkció változat található. Például a DQ_16x24VDC/0.5A_ST elnevezés egy 16 csatornás kimeneti modult jelöl 24VDC/0.5A jelszinttel és standard funkció tudással.



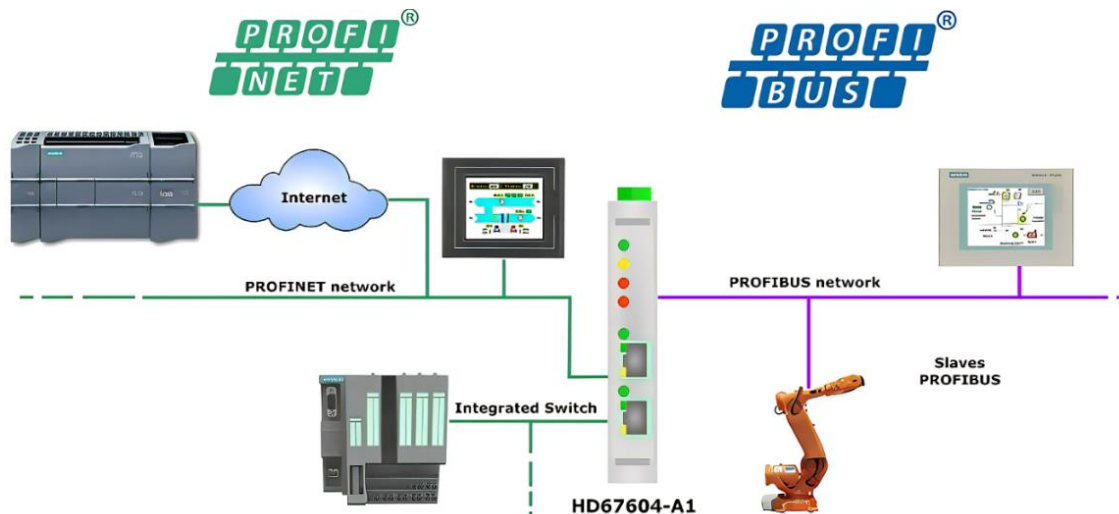
6. ábra: Példa modul típusokra

A digitális modulok általában diszkrét, kétállapotú (TRUE/FALSE) jelekkel és szabványos feszültség értékekkel (24VDC vagy 230VAC tartományban) működnek. Azonban a relés modulok is beletartoznak ebbe a kategóriába, melyek kapcsolóként funkcionálnak és nem adnak ki jelet magukból.

Az analóg modulok működése a folytonos jeltartományban történik, például 4...20mA, 1...5V vagy +/-10V között. A speciálisan hőmérséklet mérésre kialakított modulok is ide tartoznak. A kommunikációs modulok különböző kommunikációk kiépítésére használhatóak, erre példa a Point-to-Point (PtP) kommunikációs modulok és az IO-Link master. A technológiai modulok pedig valamilyen speciális funkcióval ellátott modulok, ezek lehetnek akár számláló funkciók (Count), hajtásvezérlés funkciók (CAM Control) vagy szabályozástechnikai funkciók (PID) is.

2.4 Terepi buszrendszerek

Az ipari automatizálási rendszerek működéséhez szükséges még kiépíteni a megfelelő kommunikációt a PLC-k, a különböző perifériái és a programozói PC között. Ennek során egyszerre csak két eszköz között aktív a kommunikáció, és kisebb csomagokat küldenek egymásnak, amelyeknek a felépítése buszrendszerként eltérő lehet. Az újabb rendszerekben lehetőség van vonal, fa, csillag és gyűrű topológiák kiépítésére is. Az IEC 61784/61158 szabványban rögzítették a terepi buszrendszerek leírását.



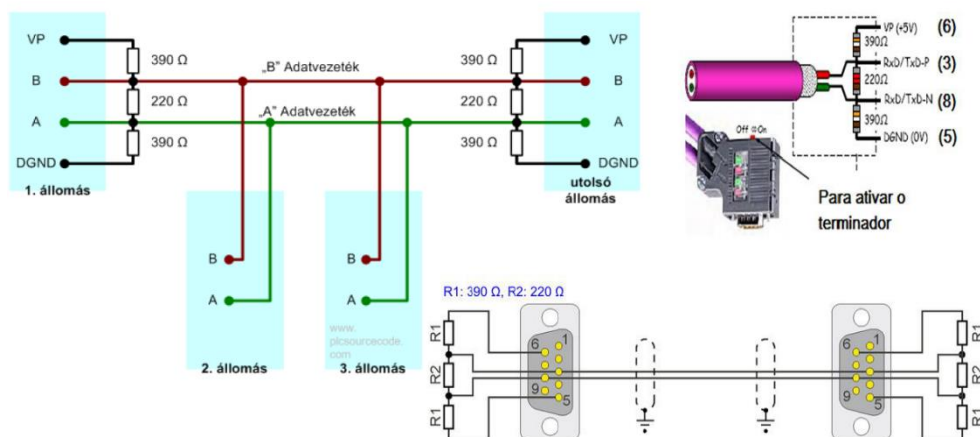
7. ábra: Profibus és Profinet ipari kommunikáció

2.4.1 Profibus [8] [9]

A Profibus egy gyártófüggetlen, bájtorientált terepi busz, amelyet 1989-ben fejlesztettek a német DIN 19245 szabvány alapján. Alkalmazása gyors és időkritikus adatátvitelt tesz lehetővé és egyaránt alkalmas bonyolultabb kommunikációs feladatok teljesítésére is.

Működése a Master-Slave kapcsolatot valósítja meg, melyben a Master jellemzően egy vezérlő és a Slave-ek pedig a különféle perifériák. Ezen kívül az eszközöknek egymás azonosításához kell még kapniuk egy buszcímet is, amelyet szoftveresen is és hardveresen fizikailag is be kell állítani.

Három főbb típusa létezik ennek a terepi busznak, a Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification), a Profibus-DP (Decentralized Periphery) és a Profibus-PA (Process Automation). A Profibus-FMS lett először kifejlesztve, azonban terepi buszként a tovább fejlesztett Profibus-DP terjedt el inkább. A DP protokollban a kommunikáció ciklikusan történik, amelyet a PLC ciklusához igazít és képes még a be nem ütemezett események lekezelésére is, például diagnosztika és modul konfigurálás. A mono-master és a multi-master mód is megvalósítható a segítségével, de a Siemens rendszerek csak a mono-master módot támogatják. Az adatátviteli sebessége a kábelek hosszától és a szegmensek számától függően 9,6 Kb/s és 12Mb/s között alakulhat. Egy szegmens maximum 32 állomás lehet, amely maximum 9 db Repeater-rel növelhető. A Profibus-DP-ben alapvetően lánc topológiával csatlakoznak egymáshoz az eszközök, de például OLM segítségével megvalósítható másfajta topológia is. A fizikai réteget tekintve az összeköttetés RS-485 kommunikációval valósul meg, a kábelben árnyékolt érpárt használnak a két végén lezáró ellenállással, amelyek általában a D-sub 9 típusú csatlakozókba vannak beépítve.



8. ábra: Általános Profibus kábel

Végül a Profibus-PA, ezt a protokollt durvább igénybevételű és nagyobb megbízhatóságot igénylő körülményekhez fejlesztették ki, például vegyiparban, kőolajiparban és élelmiszeriparban használják. A specifikációját az IEC 1158-2 szabványban rögzítették.

A két vezetékes megvalósítása a kommunikáció mellett a tápfeszültség továbbítására is szolgál. Továbbá ez a buszrendszer mindig egy Profibus-DP rendszernek a része, a szegmens csatlakoztatása egy DP/PA coupler szegmenscsatolóval történik.

2.4.2 Profinet [10] [11]

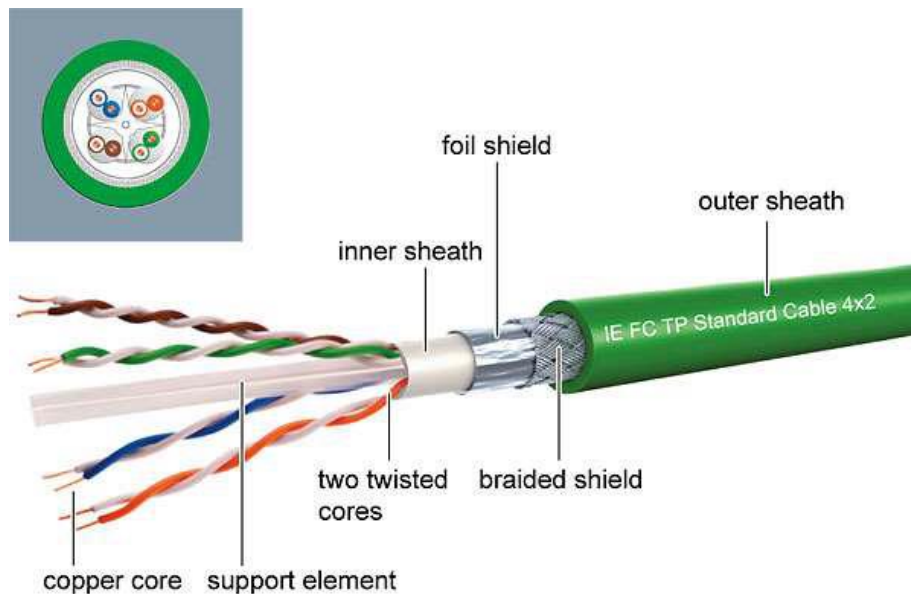
A Profinetet a Profibus korszerűsítése érdekében fejlesztették ki. A fejlesztése során a nagyobb sebességű és valós idejű átvitel mellett fontos volt még, hogy kompatibilis legyen az Ethernetes megoldásokkal, valamint a TCP és UDP szabványokat is felhasználták. A Profinet rendszere tehát egy vállalatirányítási rendszerbe integrálható ipari ethernet hálózat. Full-duplex adatátvitelre és 100 Mb/s sebességre képes. Az adatátvitel típusa lehet ciklikus adatcsere, diagnosztika információk megosztása és hibaüzenetek küldése. Habár az eszközök rendelkeznek IP és MAC címmel, de az azonosítás a kiosztott név alapján történik. Az egymáshoz csatlakoztatásuk nagyrészt egy 2x2 db-os árnyékolt és csavart érpáras kábellel, ez esetben RJ-45 csatlakozóval, vagy optikai kábellel és speciális csatlakozóval történik. Azonban az IP védett modulokhoz a hozzájuk tartozó, általában M12 típusú csatlakozót kell használni.

A Profinetnek két alapvető típusát definiálhatunk, a Profinet CBA-t és a Profinet IO-t. A CBA rövidítés a Component Based Automation kifejezést takarja és komponens alapú, TCP/IP alapokon nyugvó, nem valós idejű kommunikációt jelent. A ciklusideje 50 és 100 ms között lehet és több PLC egymás közötti adatcseréjéhez találták ki.

A Profinet IO-nál ezzel szemben a gyors adatcsere a lényeg, a kontrollerek és az egységek közötti kommunikációt írja le. Az IO az Input és Output szavakat, magyarul a bemenetet és kimenetet jelenti. A ciklusidő tehát jóval kisebb, a milliszekundumos tartományban van. A Profinet IO hálózat 3 részből áll. Az IO Controller felügyeli a folyamatokat, általában a PLC tölti be ezt a feladatot. A második az IO Device, ez az az egység, amit az IO Controller felügyel. A harmadik pedig az IO Supervisor, ami azt a szoftvert jelenti, amivel a hálózat részeinek a paraméterezését és diagnosztizálását lehet végezni.

Megkülönböztethetünk még a Profineten belül három fajta kommunikációt. Az NRT (Non Real Time) a nem időkritikus adatcserét jelenti, a rendszer inicializálásánál, az eszközök általános paramétereinek a küldésénél fordul elő.

Az RT (Real Time Communication) jelöli a felhasználói adatforgalmat, azaz többek között a cím hozzárendelést, eszközök nyomon követését és a riasztásokat. Végül van még az IRT (Isochronous Real Time), ami a szinkron adatátvitelt jelenti. Nagy pontosságú ciklikus adatátvitel esetén lehet rá szükség, például hajtásszabályozásban vagy pozicionálásoknál.



9. ábra: Profinet kábel

3 Terheléses tesztek általános bemutatása

A Test Sense and Act projekten a csapatunk nagyrészt a Simatic periféria termékcsalád tesztelésével foglalkozik. Ebben egy nagyon fontos eszköz TMS (Test Management System) nevű tesztokumentálási szoftver. Itt a sok év tapasztalata alapján összegyűlt és folyamatosan fejlesztett, bővülő tesztadatbázisunk van, ami nagy segítségemre volt a feladatom teljesítésében, ezen belül is a terheléses tesztek végrehajtásában.

Egy ilyen teszt elvégzésénél a TMS mellett szükség van az úgynevezett TechDB-re is. Ez az a dokumentum, amelyet a gyártó a tesztelő cégnek küld és a tesztelendő termék specifikációját, előírt határértékeit tartalmazza. A már kiadott termékek esetén ez a specifikáció közzé van téve a használati utasításban (manual), ami Siemens termékek esetén megtalálható a <https://support.industry.siemens.com/> oldalon.

A továbbiakban összegyűjtöm és általánosan bemutatom a különböző terheléses teszt típusokat. [12]

3.1 Kimeneti feszültség tesztelése

A kimeneti modulok csatornáinak a feszültsége különböző esetekben különböző értékeknek kell megfelelniük. Specifikálva vannak például legnagyobb terhelésnél és FALSE állapotban is a maximális feszültség. Továbbá legkisebb terhelésnél is a legnagyobb feszültségesés.

Végül bármekkora terhelésnél a bekapcsolt kimeneten jelen kell lenni, egy minimum (általában 20,4V) feszültségnek. A tesztek során tehet ezeket az eseteket sorra ellenőrizni.

3.2 Kimeneti áram tesztelése

Az áramokat tekintve a kimeneti moduloknak az előírt határérték alatt hiba nélkül kell működni és hosszú távon sem szabad tönkre menni. Ennek bizonyítása érdekében tesztelni kell a csatornákat külön-külön is és az összes egyszerre is. Hosszú távú teszteket szükséges végezni egyrészt maximális kimeneti árammal, vagyis a legnagyobb lehetséges terheléssel és folyamatos, TRUE-ba állított kimenettel. Másrészt szükséges tesztelni őket ugyanúgy legnagyobb kimeneti árammal, de a maximális kapcsolási frekvencián is. Ez a maximális kapcsolási frekvencia szintén egy előre meghatározott érték, amit a modulnak még ki kell tudni bírni. Ezeken kívül a moduloknak meg van határozva a maximum maradó árama is. Ezt a legkisebb lehetséges terheléssel és lefutó élt követően kell megmérni és ellenőrizni, hogy az előírt értéket nem haladja meg.

3.3 Rövidzárlat védelem tesztelése

Rövidzárlat esetén alapvetően a moduloknak nem szabad tönkremenni, valamint meg van határozva, hogy a rövidzárlat elleni védelem mikor kapcsoljon be. Ezeknek a kipróbálásához először is ellenőrizni kell, hogy egy csatorna folyamatos rövidzárlata bármilyen negatív hatással van-e a többi csatorna helyes működésére. Továbbá szükséges ellenőrizni egy változtatható ellenállást folyamatosan csökkentve, hogy a rövidzár elleni védelem annál az áram értéknél kapcsol-e be, ami előre meg van határozva. Végül fontos még hosszú távú tesztekkel is igazolni, hogy a modulok nem mennek tönkre rövidzárnál. Ezeket folyamatos, TRUE-ba kapcsolt kimenetekkel és maximális kapcsolási frekvenciával váltogatott kimenetekkel is futtatni kell.

3.4 Kimeneti jelek zavarásra való ellenállásának a tesztelése

Külön-külön az egyes kimeneti csatornacsoporthoz a többi csatornacsoporthoz be- és kikapcsolása esetén is zavartalanul kell működniük. Mind a két esethez szükséges tesztelni és ellenőrizni, hogy csak a helyes értékek kerülnek az egyes kimenetekre.

3.5 Kimenet fel- és lefutási idejének a tesztelése

A moduloknak meg van határozva, hogy mennyi időn belül kell az élváltásnak fel- és lefutás esetén végbe mennie. Ezeket az értékeket oszcilloszkóppal szükséges ellenőrizni. A felfutás mérésénél a legnagyobb lehetséges terhelést kell a kimenetre kapcsolni és a lefutásnál pedig a legkisebb lehetséges terhelést.

3.6 Induktív kikapcsolási feszültség tesztelése

A kimenet kikapcsolásánál a feszültség (negatív) csúcsértékének nem szabad egy előre meghatározott érték alá esnie. Ennek a teszteléséhez egy erre használható relével terhelve, oszcilloszkóppal szükséges vizsgálni a kimenetet és ellenőrizni a feszültség értékeit.

3.7 Fordított polaritás védelem tesztelése

A kimeneti csatornákat fordítva, tehát az L+ és az M pontokat megcserélve bekötve a moduloknak nem szabad tönkre menniük, maximum a kimenetek értékeik cserélődhetnek meg. Ezt szükséges ellenőrizni a kimeneti csatornákat be- és kikapcsolva is.

3.8 Lámpás terheléses teszt

A lámpás terheléses teszt típushoz egy előre meghatározott teljesítményű lámpát kell a kimenetre kötni és ellenőrizni a hibátlan működést. Azért használják külön tesztetnek, mert olyan terhelési karakterisztikával rendelkezik, hogy a bekapcsolási pillanatában ameddig az izzószál fel nem melegszik, addig sokkal magasabb áramot vesz fel, mint amikor már üzem meleg állapotban van.

3.9 Fordított polaritású feszültséges tesztelés

A modul interfészét vagy CPU-ját fordított polaritású 24 voltos tápfeszültséggel bekötve sem szabad a modulnak tönkre mennie. Amennyiben egy biztosíték védi, akkor a biztosíték tönkre mehet, de a modulnak minden esetben helyesen kell működnie a biztosíték cseréje és az ismételt, helyes bekötés után.

3.10 Egy terhelés párhuzamosan két csatornával való vezérlésének a tesztje

Egy (névleges) terhelést a modul két csatornájára is egyszerre rákötve hiba nélkül kell tudni vezérelni a terhelést. Ennek ellenőrzésére több esetet is ellenőrizni kell. Az első esetben az első csatornának a kimenetét FALSE-ba és a második csatorna kimenetét pedig TRUE-ba kell állítani. A második esetben mind a két csatornát az előző esethez képest fordítva. Végül mind a két csatornát 1-be állítva is működnie kell a terhelésnek.

3.11 Kapcsolási frekvencia tesztelése

A maximális kapcsolási frekvencia külön tesztelését hosszú idejű, általában 12 órás tesztekkel szükséges végezni. Van külön teszteset induktív névleges terheléssel, lámpa névleges terheléssel, ellenállásos névleges terheléssel és kapacitív, szintén névleges terheléssel. Amellett, hogy a moduloknak nem szabad tönkre menniük, oszcilloszkóppal is szükséges ellenőrizni, hogy az előírt kapcsolási frekvencia valóban megvalósul, illetve, hogy az élek váltása elég meredek.

3.12 Valós terheléssel történő teszt

A teszt végrehajtásához egy valós terhelést kell a kimenetre kötni, például egy szervomotort. Az előírt értékhatárokon belül kell a kimeneteket váltogatni és megfigyelni a kimenetek megfelelő működését 24 órán keresztül, amit egy bemenettel való összekötéssel érdemes megvalósítani. Amellett, hogy a modulnak nem szabad tönkre mennie, itt is ellenőrizni kell a beállított kapcsolási frekvencia megvalósulását és az élváltások meredekségét.

3.13 Terheléses csoportok különböző fázisokkal való tesztelése

Többcsatornás és váltakozó árammal működő moduloknál a különböző csoportoknak különböző fázisokkal is kell tudni működniük. Amennyiben a modul nem támogatja ezt a funkciót, akkor a használati utasításában jelezni kell, hogy minden csatornát ugyanarra a fázisra kell csatlakoztatni.

3.14 Feszültségmentesség tesztelése

A modul minden kimeneti csatornájának biztonságosan kell kikapcsolniuk, ha a fejet leválasztjuk róla. Ennek ellenőrzésének az érdekében először TRUE-ba kell állítani a kimenetet és meg kell mérni a kimeneti feszültséget. Majd le kell kapcsolni a CPU-t, vagy leválasztani az interfészt teljesen és megmérni a kimeneteken a potenciál különbségeket. Ezután azt is ellenőrizni kell, hogy ha a fejet és a modult összekötő hátlapi buszt leválasztjuk, marad-e feszültség bármelyik kimeneten.

3.15 LED-es tesztelés

A teszt végrehajtásához az összes csatornára egy-egy, a modul típusához alkalmas, tehát 24 VDC-s vagy 230 VAC-s LED-et kell csatlakoztatni. A csatornáknak hiba nélkül kell vezérelni a kimeneteket, tehát TRUE kimeneti jelek esetén az egyes LED-eknek világítani kell.

4 Terheléses Rack bemutatása

4.1 Konceptió bemutatása

A terhelhetőség vizsgálata a kimeneti modulok tesztelésénél kiemelten fontos. Azonban a projektünkön ezekhez a tesztekhez eddig még nem lett külön rack építve, hanem próbapanelekre felforrasztott ellenállásokkal folyt a tesztelés, ami nem volt felhasználóbarát. A körülmények javítása érdekében született meg tehát az ötlet. A cél egy olyan berendezés megalkotása volt, amin a Simatic termékcsalád összes, a projekten előforduló és a jövőben megjelenő digitális kimeneti modulok terheléses tesztje megvalósítható.

Az én feladatom a már meglévő tervek alapján és az előzetesen a rackhez átalakított alkatrészekből az összeépítés, illetve egy konfiguráció segítségével a megfelelő működés ellenőrzése volt.

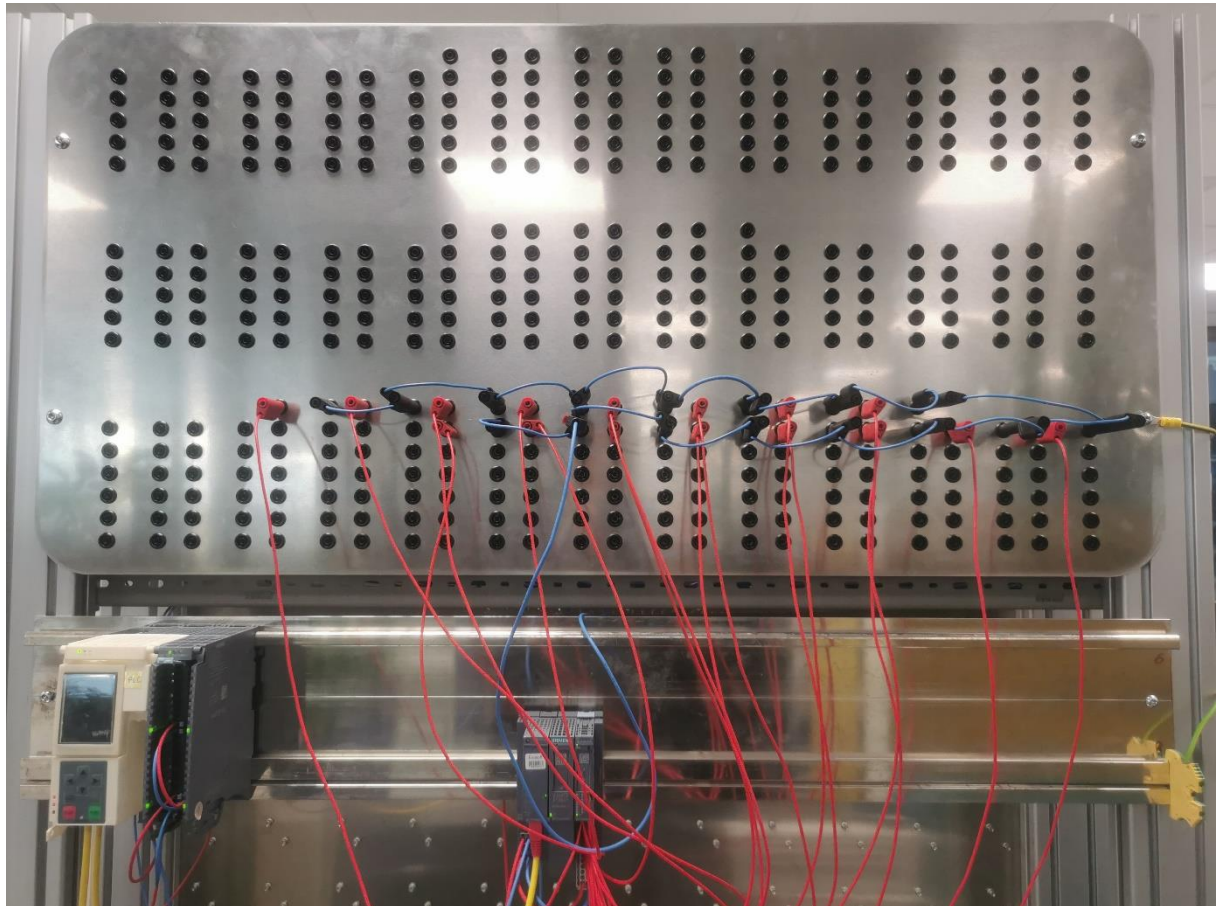
4.2 A rack felépítése

A rack hátulján található az ellenállás tábla. Tervezésénél figyelembe kellett venni a különböző modulok eltérő teljesítményét és az eltérő áram korlátokat. Ezért három fajta ellenállás került rá, 64 db 250 Ohmos, 64 db 82 Ohmos és 80 db 47 Ohmos nagyságú. Ugyancsak a hátoldalon, egy kalapsínen kapott helyet a tápegység, amely a PLC és a modulok ellátására is alkalmazható igény szerint, valamint a kismegszakító, ami a túláram védelemre és a Rack lekapcsolására is használható, ha éppen nem folyik rajta teszt.



10. ábra: Terheléss Rack ellenállás táblája (építés még folyamatban)

Az előlapon található a banándugó tábla, ahova ki vannak vezetve az ellenállások lábai. Segítségével könnyen és gyorsan csatlakoztathatóak az igény szerinti terhelések a tesztelendő eszközökhöz. Alatta egy S7-1500-as sín került elhelyezésre, amelyen tetszés szerinti teszt konfiguráció alakítható ki.



11. ábra: Terheléses Racken a banándugótábla és a PLC sín

4.3 Megépítés folyamata

A rack megvalósítása a következő munkafolyamatokat foglalta magában. Az ellenállás és banándugó táblákat fel kellett szerelni egy általános rack talapzat két oldalára. Az ellenállás táblára az előre megtervezett és kifúratott furatokba be kellett csavarozni az ellenállásokat. Ugyanígy a banándugó táblán is a furatokba be kellett csavarozni a banándugó aljzatokat. Ezután következhetett az ellenállások lábainak a kivezetése a hozzájuk tartozó banándugó aljzatokhoz, ehhez el kellett készíteni a vezetékeket és a csatlakozókat. Az igényes vezetékelvezetés érdekében meg kellett tervezni és méretre vágni a kábelcsatornákat.

A használatba vételhez szükség volt még egy tápegység és egy kismegszakító felszerelésére, majd megtörtént az érintésvédelmi szempontból és a biztonságos működéshez is elengedhetetlen szigetelések bekötése az összes táblára és sínre külön-külön. Ezek után a munkálatok és egy S7-1500 sín felhelyezése után már szabadon lehet a rackhez kiépíteni a tesztelendő rendszereket. Az általam megépített konfiguráció leírása az 5. pontban található.

4.4 A rack-en elvégezhető tesztek

Az elkészült tesztberendezés olyan típusú tesztek futtatására ad lehetőséget, amelyekhez terhelést szükséges a digitális kimeneti modulok csatornáira kapcsolni. Ezek között vannak olyan esetek, ahol áramot vagy feszültséget is kell mérni, és van, ahol elég azt vizsgálni, hogy az adott modul nem megy-e tönkre, vagy az előírt módon viselkedik-e. Például, ahogy az általam elvégzett tesztek között is szerepelnek, lehet kimeneti feszültség és áram tesztet, rövidzár küszöb tesztet és le- és felfutási időket figyelő tesztet is végezni. A mérésekhez természetesen szükség van még különféle mérőberendezések használatára is, ezekről és bekötéseikről bővebben az 5.4 pontban és a lefuttatott tesztjeimnél, a 7. pontban található több információ.

4.5 Fejlesztési lehetőségek

Habár a megépített rack már ebben az állapotban is ellátja a funkcióját, de kényelmi és hatékonysági szempontból még további fejlesztéseket lehet eszközölni. A túlmelegedés megelőzésének az érdekében a passzív (ez maga a panel) mellett aktív hűtési rendszer is lett tervezve ventilátorokkal és hőmérséklet szabályozással. Továbbá, kényelmi szempontból pedig segítheti a kollégák munkáját például egy toronylámpa, néhány kapcsoló és/vagy egy HMI felszerelése. A lámpával lehetne jelezni, hogy a racken folyik-e abban a pillanatban teszt. A kapcsoló egyszerűsítheti a kimenetek állítását. A HMI-vel pedig gyakorlatilag megoldható lenne, hogy a tesztelő programot ne kelljen minden teszt előtt újra rátölteni a PLC-re, hanem egy kezelőfelületen lehetne állítani a teszt típusát és a különböző paramétereit, ezzel gyorsítva az előkészületeket.

5 Terheléses teszthez felhasználható konfiguráció kiépítése

5.1 Tesztelendő modulok

Projektünk feladata a Simatic termékcsalád egyes moduljainak a tesztelése. Az épített racken futtatható terheléses tesztek ezek közül a digitális kimeneti modulokat érinti, amely a következő családoknál fordulhatnak elő: S7-1500, ET200SP, ET200MP, ET200ecoPN, ET200AL.

Az általános terhelhetőségi értékek a tesztelendő modulokban 0,3A, 0,5A, 1A, és 2A.

SIMATIC	DQ 16x24VDC/0.5A ST	DQ 32x24VDC/0.5A HF
Termékcsalád	ET200SP	S7-1500
Tudásszint	Standard	High Feature
Kimenetek száma	16	32
Kimenetek típusa	DC 24V/0.5A transistor	DC 24V/0.5A transistor
Potenciál csoportok	2	4
Csatornánkénti max áramszint	0.5A	0.5A
Csoportonkénti max áramszint	8A	4A

12. ábra: Példa digitális kimeneti modulokra [13] [14]

5.2 A konfiguráció részei

A CPU és a modulok tápellátásához egy Siemens Sitop PSU200M (6EP1334-3BA10) típusú tápegységet választottam. A bemenete 120/230-500 V AC és 24 V egyenáramot ad ki a kimenetén 10 A áramkorláttal. Amennyiben nem bírná megtáplálni rendesen a tesztelendő modult, például sok csatorna egyszerre való terhelése miatt, ajánlott a laboratóriumi tápegység használata.

Egy 5SL6010-7 230V-os 10A-es C típusú kismegszakítót alkalmaztam a túláram védelemhez. A C típus azt jelenti, hogy a névleges áramérték 5-10-szeresére van állítva a kioldó, ez segítséget ad a pillanatnyi túláramok kiszűrésére és az eszközök megfelelő felfutásához.

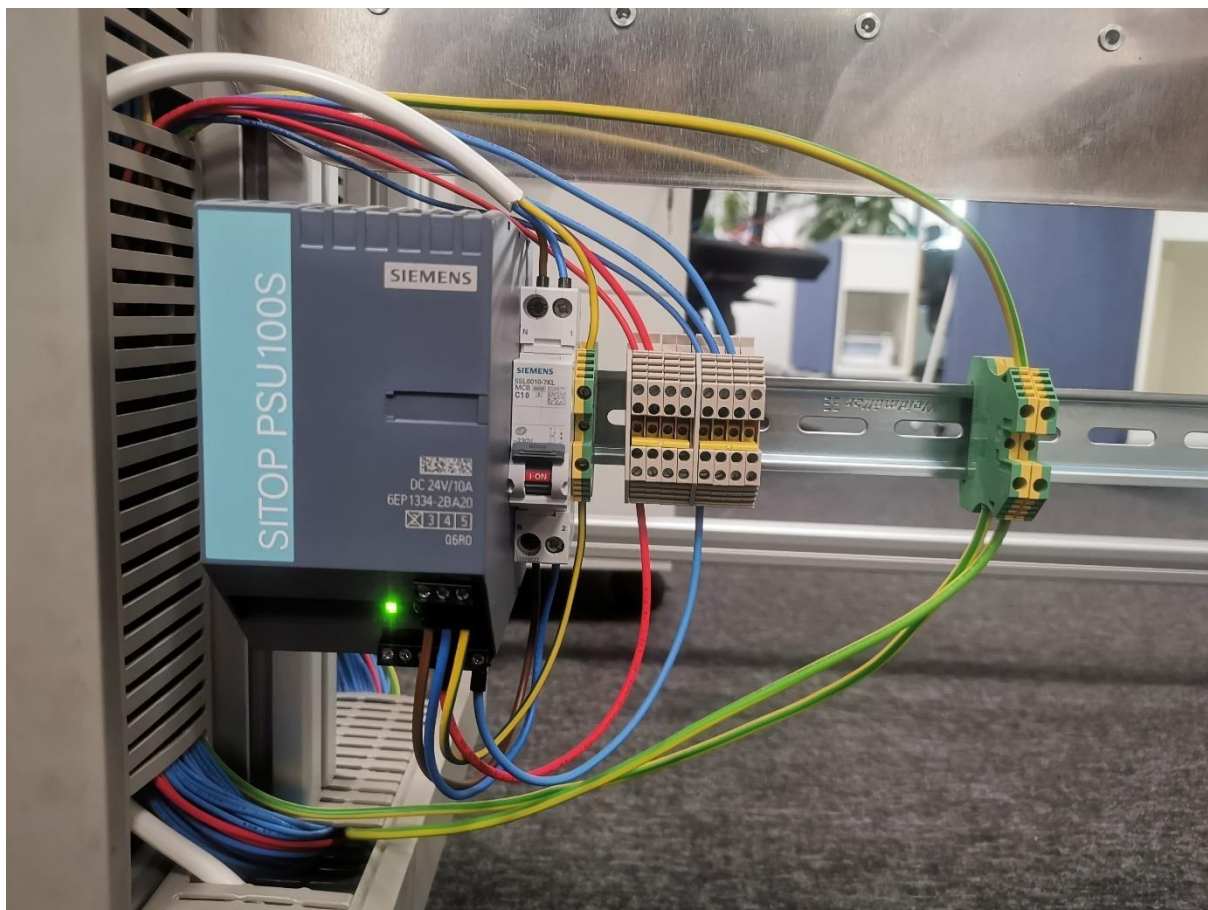
A feladat teljesítéséhez egy 1516-3 PN/DP 6es7 516-3AN02-0AB0 V2.8 típusú PLC-t használtam. A terheléses tesztek futtatásához azonban bármelyik más, működő S7-1500 CPU-t lehet választani.

A vezérlőhöz decentralisan csatlakoztattam egy ET200SP IM155-6PN ST interfészt 6ES7 155-6AU01-0BN0 cikkszámmal. A terheléses teszteket egy ehhez tartozó, DQ 16x24VDC/0.5A ST típusú modulon futtattam le.

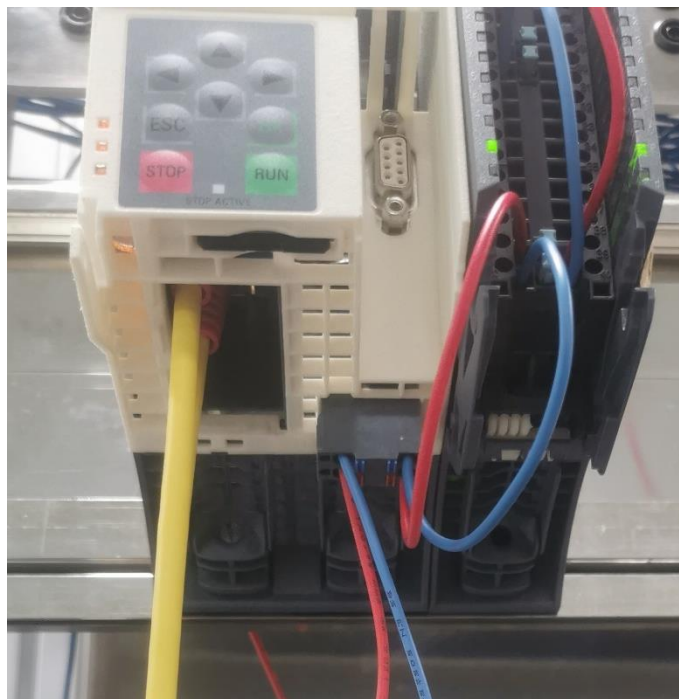
Mivel a feladatom része volt, hogy egy olyan tesztelő programot írjak, ami minden, a projekten található DQ-hoz alkalmazható, ezért a különböző teszteseteket ezen az egy modulon futtattam le az összeállított konfiguráció validálásához.

5.3 Bekötések

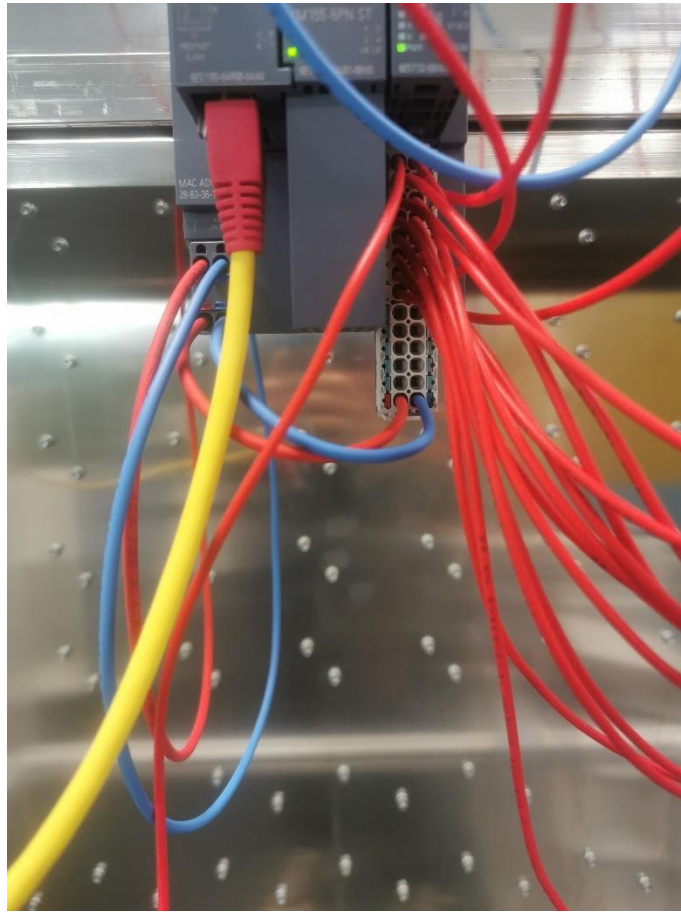
A 230 Voltot közvetlenül a relébe kell bekötni, amennyiben használunk kismegstakítót. Innen kell tovább vezetni a vezetékeket a tápegységbe. A tápegységből az általa előállított 24 Voltot érdemes először egy elosztóba bevezetni, hogy megkönnyítsük a jövőbeli esetleges rendszer bővítést. A könnyű megkülönböztethetőség érdekében az L+ ágakat piros vezetékkel vezettem tovább, az M ágakat pedig kékkel. Az L+-t el kellett vinni a PLC-hez és az ET200SP-hez, az M pontból pedig a két eszközhöz kívül egy harmadik vezetékkel is kivezettem, hogy a terheléseket is külön be lehessen kötni az M pontba. Végül a sárga-zöld vezetékek a földelést jelentik. A 230-as kábelből kivezette mindenképpen külön-külön rá kellett csatlakoztatni a tápot is tartó kalapsínre, az ellenállástáblára, a banándugótáblára, valamint a PLC sínjére. Egy további PLC sín felszerelése esetén azt is be kellene kötni, szabály szerint a többitől külön.



13. ábra: Tápegység, relé és a szigetelések bekötése



14. ábra: PLC bekötése



15. ábra: ET200SP bekötése

5.4 További felhasznált eszközök

A mérésekhez a Keysight U3606A [15] típusú multimétert használtam, amely 9 mérési módra képes, ezen kívül egy 30 wattos tápegységként is használható, akár az aktuális mérési móddal párhuzamosan is. A pontossága 0,025%-os DC feszültség.



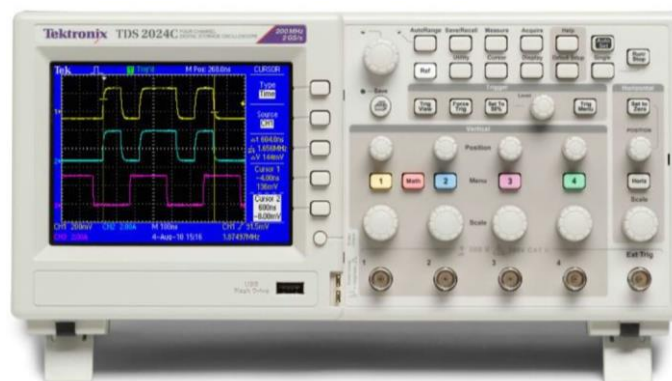
16. ábra: Keysight U3606A multiméter

Változtatható ellenállásként egy 33 Ohmos és $\pm 10\%$ -os tűréshatárú Arcol tekercselt reosztátot [16] alkalmaztam. 600V a legnagyobb rákapcsolható feszültség és 3,1A a névleges áram. Az ellenállást a tetején lévő csúszkával lehet változtatni.



17. ábra: Arcol tekercselt reosztát

Az oszcilloszkópos mérésekhez a Tektronix TDS 2024C [17] típus segítségét vettem igénybe. Ez egy négy csatornás, kompakt méretű oszcilloszkóp 16 automatizált mérési funkcióval és még egyéb jellemzők mellett USB csatlakoztatási lehetőséggel, ami nagy segítség volt a mérések dokumentálásához.



18. ábra: Tektronix TDS 2024C Oszcilloszkóp

Ugyan én a validáló tesztek során nem használtam, de hasznos lehet a későbbi terheléses tesztekhez az AIM – TTI CPX400DP laboratóriumi tápegység [18], amely négy darab hét szegmenses kijelzővel rendelkezik.

A teljesítménye csatornánként 420W, a feszültség tartománya 0-60VDC és 20A a legnagyobb kiadható áram. A kimeneti csatornákat Ethernet, USB és RS232 portokon is tudja vezérelni.



19. ábra: AIM – TTI CPX400DP laboratóriumi tápegység

6 Tesztelő program bemutatása

6.1 Előkövetelmények

A feladatomban egy olyan tesztelő program létrehozása volt, amelyben lehetőség van a SIMATIC perifériacsatlás összes, a projektünkön előforduló digitális kimeneti modulját tesztelni. A különböző előforduló tesztesetek alapján egy olyan programot készítettem el, amiben alapvetően két funkcióblokk futtatható. Mind a kettő többfajta tesztípust foglal magában, de egy időben egy teszt futtatható vele egy vezérlőn.

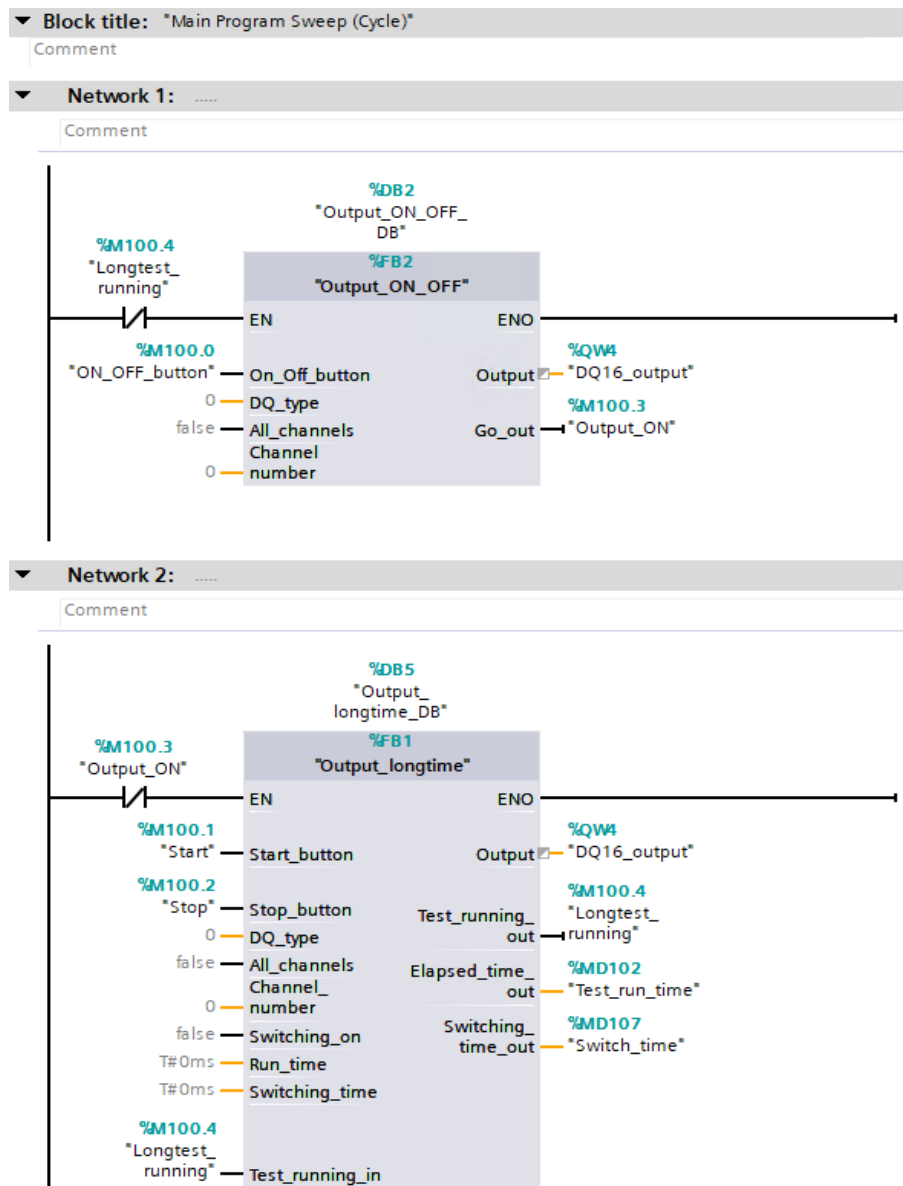
6.2 Működés

Az Output_ON_OFF funkcióblokkal a kimenetek csatornáit lehet egy gomb segítségével aktiválni és deaktiválni. Az Output_longtime funkcióblokk pedig a nevéből adódóan hosszú távú tesztek futtatására van. A Main OB-ban kell beállítani a tesztelendő modul csatornáinak számát (DQ_type) és hogy az összes kimenetet állítsa (All_channels = 1), vagy egyszerre egyet, illetve akkor melyiket (Channel_number). Továbbá a longtime FB esetén be lehet állítani a teszt futási idejét is (Run_time), és aktiválni lehet az úgynevezett kapcsolási módot (Switching_on).

Ebben a módban a program az általunk megadott, kapcsolási időnként (Switching_time) átkapcsolja a kimenetet, FALSE esetén TRUE-be, TRUE esetén FALSE-ba.

A teszt futtatásához a funkcióblokkok kimenetére rá kell még rakni a tesztelendő modul típusának megfelelő változót. Az előforduló típusokhoz a megfelelő változók létre lettek hozva a saját tag table-ben. Itt van még egy feladat, hogy a változóknak a kimeneti címét be kell állítani, ugyanis ez eltérő lehet attól függően, hogy mennyi és milyen típusú modulokat projektálunk be a fejlesztőkörnyezetbe (esetünkben TIA Portal).

Az indító és leállító gomboknak megfelelő változókat online módban a watchtable-ben van lehetőség állítani. Az Output_ON_OFF FB-nél az ON_OFF_button változóval, az Output_longtime FB-nél pedig a Start és a Stop változókkal lehet ezt megtenni.



20. ábra: A tesztelő program Main OB-ja

Sajat							
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
1	Longtest_running	Bool	%M100.4	☐	☒	☒	☒
2	Test_run_time	Time	%MD102	☐	☒	☒	☒
3	DQ16_output	Word	%QW4	☐	☒	☒	☒
4	Switch_time	Time	%MD107	☐	☒	☒	☒
5	Start	Bool	%M100.1	☐	☒	☒	☒
6	Stop	Bool	%M100.2	☐	☒	☒	☒
7	ON_OFF_button	Bool	%M100.0	☐	☒	☒	☒
8	Output_ON	Bool	%M100.3	☐	☒	☒	☒
9	Teszt_kimenet	DWord	%MD150	☐	☒	☒	☒
10	DQ32_output	DWord	%QD0	☐	☒	☒	☒
11	DQ8_output	Byte	%MB110	☐	☒	☒	☒
12	<Add new>			☐	☒	☒	☒

21. ábra: A tesztelő program tag table-je

DQ_terheleses_teszt_3 ▶ PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] ▶ Watch and force tables ▶ Watch table_1							
	Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value		
1	"ON_OFF_button"	%M100.0	Bool		FALSE	☒	
2	"Start"	%M100.1	Bool		FALSE	☒	
3	"Stop"	%M100.2	Bool		FALSE	☒	
4	"Output_ON"	%M100.3	Bool			☐	
5	"Longtest_running"	%M100.4	Bool			☐	
6	"Test_run_time"	%MD102	Time			☐	
7	"Switch_time"	%MD107	Time			☐	
8	"Teszt_kimenet"	%MD150	Bin			☐	
9	"DQ16_output"	%QW4	Bin			☐	
10	"DQ32_output"	%QD0	Bin			☐	

22. ábra: A tesztjeimhez használt watchtable

6.3 Funkcióblokkok

6.3.1 Output_ON_OFF

Output_ON_OFF										
	Name	Data type	Offset	Default value	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision	Comment
1	Input				☐	☐	☐	☐		
2	On_Off_button	Bool	0.0	false	☒	☒	☒	☐		
3	DQ_type	UInt	2.0	0	☒	☒	☒	☐		
4	All_channels	Bool	4.0	false	☒	☒	☒	☐		0: one channel, 1: all channels
5	Channel number	UInt	6.0	0	☒	☒	☒	☐		Only relevant when All_channels = 0
6	Output				☐	☐	☐	☐		
7	Output	DWord	8.0	16#0	☒	☒	☒	☐		
8	Go_out	Bool	12.0	false	☒	☒	☒	☐		
9	InOut				☐	☐	☐	☐		
10	<Add new>				☐	☐	☐	☐		
11	Static				☐	☐	☐	☐		
12	Go	Bool	14.0	false	☒	☒	☒	☐		
13	Start_bit	Bool	14.1	false	☒	☒	☒	☐		
14	Stop_bit	Bool	14.2	false	☒	☒	☒	☐		
15	Output_stat	DWord	16.0	16#0	☒	☒	☒	☐		
16	Output_bytes	Array[0..3] of Byte	16.0		☐	☐	☐	☐		
17	Output_bytes[0]	Byte	16.0		☐	☐	☐	☐		
18	Output_bytes[1]	Byte	17.0		☐	☐	☐	☐		
19	Output_bytes[2]	Byte	18.0		☐	☐	☐	☐		
20	Output_bytes[3]	Byte	19.0		☐	☐	☐	☐		
21	Temp	Array[0..3] of Byte	20.0		☒	☒	☒	☐		
22	Temp[0]	Byte	20.0	16#0	☒	☒	☒	☐		
23	Temp[1]	Byte	21.0	16#0	☒	☒	☒	☐		
24	Temp[2]	Byte	22.0	16#0	☒	☒	☒	☐		
25	Temp[3]	Byte	23.0	16#0	☒	☒	☒	☐		

23. ábra: Az Output_ON_OFF FB változói

```

1  REGION Be_kikapcsolas
2      // Statement section REGION
3  "R_TRIG_DB_1"(CLK:=#On_Off_button,
4              Q=>#Start_bit);
5  "F_TRIG_DB"(CLK:=#On_Off_button,
6              Q=>#Stop_bit);
7  IF #Start_bit = 1 THEN
8      // Statement section IF
9      #Go := 1;
10 END_IF;
11 IF #Stop_bit = 1 THEN
12     // Statement section IF
13     #Go := 0;
14 END_IF;
15     #Go_out := #Go;
16 END_REGION
17

```

24. ábra: Output_ON_OFF FB /1

```

18 REGION Egy_kimenet_irasa
19     // Statement section REGION
20 IF #Start_bit = 1 AND #All_channels = 0 THEN
21     // Statement section IF
22     #Output_stat := 1;
23     #Output_stat := SHL(IN := #Output_stat, N := #"Channel number");
24     #Temp := #Output_bytes;
25
26 CASE #DQ_type OF
27     4: // Statement section case 4
28         #Output_bytes[2] := #Temp[3];
29     8: // Statement section case 8
30         #Output_bytes[2] := #Temp[3];
31     16:
32         (* #Output_bytes[1] := #Temp[0];
33            #Output_bytes[0] := #Temp[1]; *)
34         #Output_bytes[3] := #Temp[2];
35         #Output_bytes[2] := #Temp[3];
36     32:
37         #Output_bytes[3] := #Temp[0];
38         #Output_bytes[2] := #Temp[1];
39         #Output_bytes[1] := #Temp[2];
40         #Output_bytes[0] := #Temp[3];
41 ELSE // Statement section ELSE
42     ;
43 END_CASE;
44
45     #Output := #Output_stat;
46
47 END_IF;
48 END_REGION
49

```

25. ábra: Output_ON_OFF FB /2

```

50 REGION Osszes_kimenet_irasa
51 // Statement section REGION
52 IF #Start_bit = 1 AND #All_channels = 1 THEN
53 // Statement section IF
54 CASE #DQ_type OF
55 4: // Statement section case 4
56 #Output := 16#F;
57 8: // Statement section case 8
58 #Output := 16#FF;
59 16:
60 #Output := 16#FFFF;
61 32:
62 #Output := 16#FFFFFFFF;
63 ELSE // Statement section ELSE
64 #Output := 0;
65 END_CASE;
66
67 END_IF;
68
69 END_REGION
70

```

26. ábra: Output_ON_OFF FB /3

```

71 REGION Kikapcsolt_allapot
72 // Statement section REGION
73 IF #Go = 0 THEN
74 // Statement section IF
75 #Output := 0;
76 END_IF;
77 END_REGION

```

27. ábra: Output_ON_OFF FB /4

6.3.2 Output_longtime

Output_longtime										
	Name	Data type	Offset	Default value	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision	Comment
1	▼ Input									
2	Start_button	Bool	0.0	false	☒	☒	☒	☐		
3	Stop_button	Bool	0.1	false	☒	☒	☒	☐		
4	DQ_type	UInt	2.0	0	☒	☒	☒	☐		
5	All_channels	Bool	4.0	false	☒	☒	☒	☐		0: one channel, 1: all channels
6	Channel_number	UInt	6.0	0	☒	☒	☒	☐		Only relevant when All_channels = 0
7	Switching_on	Bool	8.0	false	☒	☒	☒	☐		0: Static output, 1: Switching output
8	Run_time	Time	10.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
9	Switching_time	Time	14.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		1 / Frequency of switching
10	Test_running_in	Bool	18.0	false	☒	☒	☒	☐		
11	▼ Output									
12	Output	DWord	20.0	16#0	☒	☒	☒	☐		
13	Test_running_out	Bool	24.0	false	☒	☒	☒	☐		
14	Elapsed_time_out	Time	26.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
15	Switching_time_out	Time	30.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
16	▼ InOut									
17	<Add new>				☐	☐	☐	☐		
18	▼ Static									
19	Output_stat	DWord	34.0	16#0	☒	☒	☒	☐		
20	▶ Output_bytes	Array[0..3] of Byte	34.0		☐	☐	☐	☐		
21	▶ Temp	Array[0..3] of Byte	38.0		☒	☒	☒	☐		
22	F_ido_seged	Bool	42.0	false	☒	☒	☒	☐		
23	F_ido_start	Time	44.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
24	F_ido_compare	Time	48.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
25	F_ido_stat	Time	52.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
26	Switch_TCK_seged	Bool	56.0	false	☒	☒	☒	☐		
27	Switch_start	Time	58.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
28	Switch_compare	Time	62.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
29	Switch_time_stat	Time	66.0	T#0ms	☒	☒	☒	☐		
30	Start_bit	Bool	70.0	false	☒	☒	☒	☐		
31	Switching_bit	Bool	70.1	false	☒	☒	☒	☐		

28. ábra: Az Output_longtime FB változói

```

1 REGION Start_stop_gombok_lekezelese
2 // Statement section REGION
3 "R_TRIG_DB"(CLK:=#Start_button,
4 Q=>#Start_bit);
5 IF #Start_bit = 1 THEN
6 // Statement section IF
7 #Test_running_out := 1;
8 END_IF;
9 IF #Stop_button = 1 THEN
10 // Statement section IF
11 #Test_running_out := 0;
12 END_IF;
13
14 END_REGION
15

```

29. ábra: Output_longtime FB /1

```

16 REGION Futasido_idozitese
17 // Statement section REGION
18 IF #Test_running_in = 1 AND #F_ido_seged = 0 THEN
19 // Statement section IF
20 #F_ido_start := TIME_TCK();
21 #F_ido_seged := 1;
22 END_IF;
23 IF #Test_running_in = 1 AND #F_ido_seged = 1 THEN
24 // Statement section IF
25 #F_ido_compare := TIME_TCK();
26 #F_ido_stat := #F_ido_compare - #F_ido_start;
27 #Elapsed_time_out := #F_ido_stat; // Eltelt ido monitorozasa
28 IF #F_ido_stat >= #Run_time THEN
29 // Statement section IF
30 #Test_running_out := 0;
31 END_IF;
32 END_IF;
33
34 END_REGION
35

```

30. ábra: Output_longtime FB /2

```

36 REGION Kimenetek_valtasanak_az_idozitese
37 // Statement section REGION
38 IF #Switching_on = 1 THEN
39 IF #Test_running_in = 1 AND #Switch_TCK_seged = 0 THEN
40 // Statement section IF
41 #Switch_start := TIME_TCK();
42 #Switch_TCK_seged := 1;
43 #Switching_bit := NOT #Switching_bit;
44 END_IF;
45 IF #Test_running_in = 1 AND #Switch_TCK_seged = 1 THEN
46 // Statement section IF
47 #Switch_compare := TIME_TCK();
48 #Switch_time_stat := #Switch_compare - #Switch_start;
49 #Switching_time_out := #Switch_time_stat;
50 IF #Switch_time_stat >= #Switching_time THEN
51 // Statement section IF
52 #Switch_TCK_seged := 0;
53 END_IF;
54 END_IF;
55 END_IF;
56
57 END_REGION
58

```

31. ábra: Output_longtime FB /3

```

59 REGION Kimenetek_beallitasa
60     // Egy kimenet beallitasa
61 IF #Start_bit = 1 AND #All_channels = 0 THEN
62     // Statement section IF
63     #Output_stat := 1;
64     #Output_stat := SHL(IN := #Output_stat, N := #Channel_number);
65     #Temp := #Output_bytes;
66
67 CASE #DQ_type OF
68     4: // Statement section case 4
69         #Output_bytes[2] := #Temp[3];
70     8: // Statement section case 8
71         #Output_bytes[2] := #Temp[3];
72     16:
73         (* #Output_bytes[1] := #Temp[0];
74         #Output_bytes[0] := #Temp[1]; *)
75         #Output_bytes[3] := #Temp[2];
76         #Output_bytes[2] := #Temp[3];
77     32:
78         #Output_bytes[3] := #Temp[0];
79         #Output_bytes[2] := #Temp[1];
80         #Output_bytes[1] := #Temp[2];
81         #Output_bytes[0] := #Temp[3];
82 ELSE // Statement section ELSE
83     ;
84 END_CASE;
85
86 END_IF;

```

32. ábra: Output_longtime FB /4

```

88 // Osszes kimenet beallitasa
89 IF #Start_bit = 1 AND #All_channels = 1 THEN
90     // Statement section IF
91 CASE #DQ_type OF
92     4: // Statement section case 4
93         #Output_stat := 16#F;
94     8: // Statement section case 8
95         #Output_stat := 16#FF;
96     16:
97         #Output_stat := 16#FFFF;
98     32:
99         #Output_stat := 16#FFFFFFFF;
100 ELSE // Statement section ELSE
101     #Output_stat := 0;
102 END_CASE;
103
104 END_IF;
105
106 END_REGION

```

33. ábra: Output_longtime FB /5

```

108 REGION Kimenetek_irasa
109 IF #Test_running_in = 1 AND #Switching_on = 0 THEN
110     // Statement section IF
111     #Output := #Output_stat;
112 END_IF;
113
114 IF #Test_running_in = 1 AND #Switching_on = 1 AND #Switching_bit = 1 THEN
115     // Statement section IF
116     #Output := 0;
117 END_IF;
118
119 IF #Test_running_in = 1 AND #Switching_on = 1 AND #Switching_bit = 0 THEN
120     // Statement section IF
121     #Output := #Output_stat;
122 END_IF;
123
124
125 END_REGION
126

```

34. ábra: Output_longtime FB /6

```

127 REGION TCK-k_nullazasa
128     // Statement section REGION
129 IF #Test_running_in = 0 THEN
130     // Statement section IF
131     #F_ido_seged := 0;
132     #Switch_TCK_seged := 0;
133     #Output := 0;
134 END_IF;
135
136 END_REGION

```

35. ábra: Output_longtime FB /7

6.4 Diagnosztika

A modul különböző előforduló hibái esetére írtam meg a Diagnostic Error Interrupt (OB82) organizációs blokkot és a Diagnostic adatblokkot. A sikeres diagnosztikához az OB-ban egy RALARM nevezetű blokkot érdemes használni, ez azt csinálja, hogy a különféle hardver problémák esetén beleírja az adatokat egy általam megadott helyre. Ez a hely a Diagnostic DB, aminek részletesen olyan típusú változókat kell tartalmaznia, amilyen adatokat az RALARM küld neki. Ezekből az információkból kinyerhető többek között a hiba típusa, hogy milyen típusú és azonosítójú modulon, illetve melyik csatornáján lépett fel és hogy bejövő vagy kimenő hiba-e.

Diagnostic								
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	▼ Static			☐	☐	☐	☐	☐
2	■ Diagnostic_All	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
3	▼ Diag_struct	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
4	■ alarmMode	Int	1	☐	☒	☒	☒	☐
5	■ alarmCheckID	HW_IO	0	☐	☒	☒	☒	☐
6	■ alarmStatus	DWord	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
7	■ alarmFromID	HW_IO	0	☐	☒	☒	☒	☐
8	■ alarmReceived	Bool	false	☐	☒	☒	☒	☐
9	■ alarmMaxLength	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
10	■ alarmLength	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
11	■ ▶ TI_DiagnosticInterr...	TI_DiagnosticInterr...		☐	☒	☒	☒	☒
12	■ ▶ AdditionalDiag	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
13	■ IO_State	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
14	■ LADDR	HW_ANY	0	☐	☒	☒	☒	☐
15	■ Channel	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
16	■ MultiError	Bool	false	☐	☒	☒	☒	☐

36. ábra: Diagnostic DB /1

11	■ ▼ TI_DiagnosticInterrupt	TI_DiagnosticInterr...		☐	☒	☒	☒	☒
12	■ SI_Format	USInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
13	■ OB_Class	USInt	82	☐	☒	☒	☒	☐
14	■ OB_Nr	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
15	■ LADDR	HW_ANY	0	☐	☒	☒	☒	☐
16	■ IO_State	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
17	■ Channel	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
18	■ MultiError	Bool	false	☐	☒	☒	☒	☐
19	■ address	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
20	■ slv_prfl	Byte	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
21	■ intr_type	Byte	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
22	■ flags1	Byte	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
23	■ flags2	Byte	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
24	■ id	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
25	■ manufacturer	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐
26	■ instance	UInt	0	☐	☒	☒	☒	☐

37. ábra: Diagnostic DB /2

12	■ ▼ AdditionalDiag	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
13	■ ▼ header	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
14	■ BlockType	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
15	■ BlockLength	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
16	■ Version	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
17	■ ID_int_type	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
18	■ API	DWord	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
19	■ SlotNumber	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
20	■ Submodul	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
21	■ Modul_ID	DWord	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
22	■ Submodule_ID	DWord	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
23	■ Interrupt_Specifier	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
24	■ FormatID	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
25	■ ▼ Addinfo	Array[0..7] of Struct		☐	☒	☒	☒	☐
26	■ ▼ Addinfo[0]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
27	■ ChannelNumber	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
28	■ Error_type_channel	Byte	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
29	■ Dataformat	Byte	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
30	■ TypeOfError	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
31	■ ▶ Addinfo[1]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
32	■ ▶ Addinfo[2]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
33	■ ▶ Addinfo[3]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
34	■ ▶ Addinfo[4]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
35	■ ▶ Addinfo[5]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
36	■ ▶ Addinfo[6]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐
37	■ ▶ Addinfo[7]	Struct		☐	☒	☒	☒	☐

38. ábra: Diagnostic DB /3

DQ_terheleses_teszt_3 ▸ PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] ▸ Program blocks ▸ Diagnostic error interrupt [OB82]

Diagnostic error interrupt

	Name	Data type	Default value	Comment
1	▼ Input			
2	IO_State	Word		IO state of the HW object
3	LADDR	HW_ANY		Hardware identifier
4	Channel	UInt		Channel number
5	MultiError	Bool		=true if more than one error is present
6	▼ Temp			
7	<Add new>			
8	▼ Constant			
9	<Add new>			

IF... CASE... OF... FOR... TO DO... WHILE... DO... (*...*) REGION

```

1 "Diagnostic".Diagnostic_All := "Diagnostic".Diagnostic_All + 1;
2
3 "Diagnostic".IO_State := #IO_State;
4 "Diagnostic".LADDR := #LADDR;
5 "Diagnostic".Channel := #Channel;
6 "Diagnostic".MultiError := #MultiError;
7
8 "RALRM_DB" (MODE:="Diagnostic".Diag_struct.alarmMode,
9             F_ID:="Diagnostic".Diag_struct.alarmCheckID,
10            MLEN:="Diagnostic".Diag_struct.alarmMaxLength,
11            NEW=>"Diagnostic".Diag_struct.alarmReceived,
12            STATUS=>"Diagnostic".Diag_struct.alarmStatus,
13            ID=>"Diagnostic".Diag_struct.alarmFromID,
14            LEN=>"Diagnostic".Diag_struct.alarmLength,
15            TINFO:="Diagnostic".Diag_struct.TI_DiagnosticInterrupt,
16            AINFO:="Diagnostic".Diag_struct.AdditionalDiag);

```

39. ábra: A diagnosztikához használt OB

7 A konfiguráción elvégzett tesztek

A továbbiakban az összeépített konfiguráció validálásához elvégzett tesztek fogom bemutatni.

7.1 Kimeneti feszültség tesztelése 0 jelnél

7.1.1 Teszt követelményei

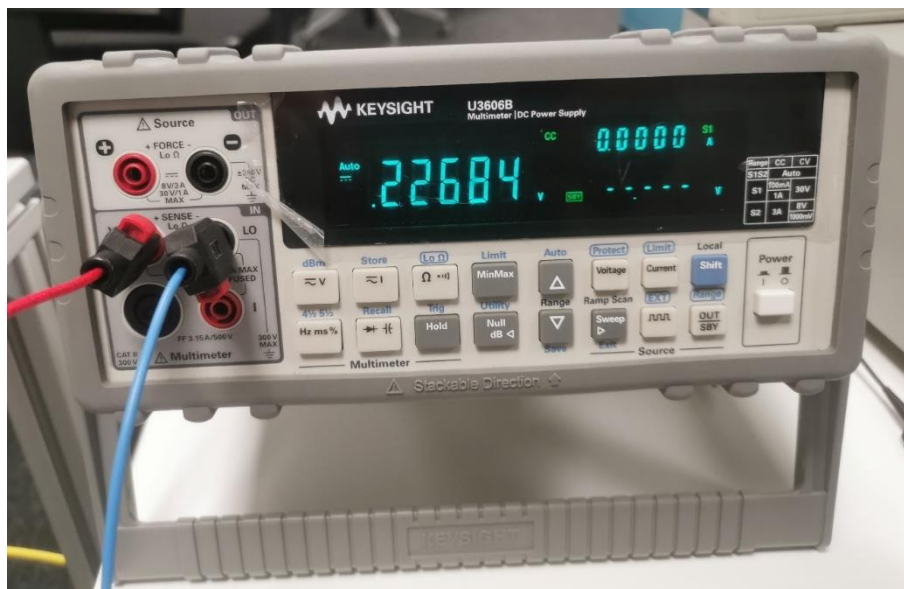
A kimeneti moduloknál elő van írva, hogy kikapcsolt állapotban a csatornán legfeljebb 3V feszültség eshet. Ennek az ellenőrzéséhez a lehető legkisebb terhelést kell rákötni és lefutó élnél kell megmérni a feszültséget.

7.1.2 Bekötések

A tesztelt, DQ 16x24VDC/0.5A ST típusú modulnál a minimális terhelés, azaz a ráköthető legnagyobb ellenállás csatornánként 12kOhm, ezért egy ilyen ellenállást kötöttem a kimenetre. Az ellenállás egyik kivezetését közvetlenül a csatornával, a másikat egy M-ponttal kötöttem össze, ami a racken a tápegységtől külön előre van vezetve az elülső oldalra. A méréshez a már korábban bemutatott, Keysight U3606B típusú multimétert használtam, amelyhez az ellenállás csatorna felé vezető ágát (piros kábel) a „V” banándugóaljzatba, az M pontos ágát (kék kábel) pedig az L0 aljzathoz csatlakoztattam.



40. ábra: Modulra vonatkozó legkisebb megengedett terhelés

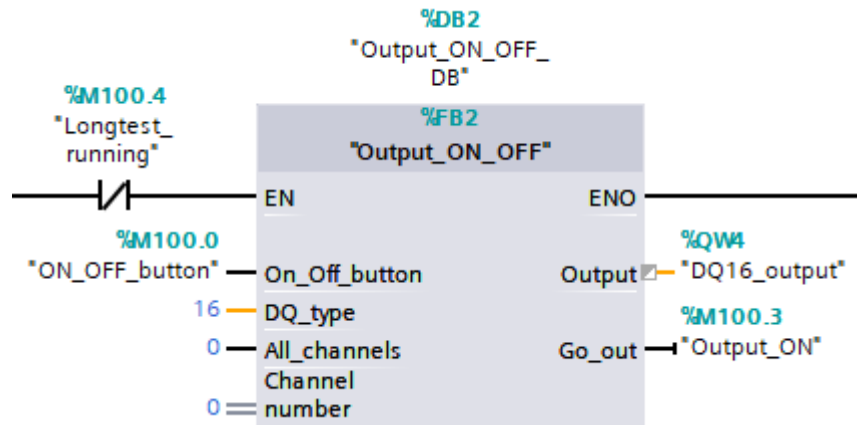


41. ábra: Multiméter bekötése feszültség méréséhez

7.1.3 Teszt bemutatása

Miután megtörtént a terhelések és a mérőeszköz bekötése, először a multimétert be kell állítani, hogy a DC komponenst mérje. Majd a kívánt feszültség leméréséhez egy lefutó élt kell előállítani a tesztelő programban.

Ehhez először bekapcsoltam a kívánt kimenetet az ON/OFF funkcióblokkban, a DQ_type változót 16-ra változtattam, hiszen a tesztelendő modul 16 csatornás és az All_channels változót pedig FALSE-ra (0) állítottam, mert ennél a tesztesetnél egyszerre egy kimenetet kell vizsgálni.



42. ábra: 7.1 esetben az ON_OFF funkcióblokk beállítása

A program PLC-re töltése után a lefutó él előállításához a Watchtable-ben bekapcsoltam a monitorozást és átkapcsoltam az ON_OFF_button változót először TRUE-ba, majd FALSE-ba. Végül a multiméterrel mért értékeket lejegyeztem az alábbi táblázatba és ezt a folyamatot megismételtem az összes csatornához.

	Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value	
1	"ON_OFF_button"	%M100.0	Bool	FALSE	FALSE	☒
2	"Start"				FALSE	☒
3	"Stop"				FALSE	☒
4	"Output_ON"					☒
5	"Longtest_running"					☐
6	"Test_run_time"					☐
7	"Switch_time"					☐
8	"Teszt_kimenet"			2#0000_0000_0000_0000_0000_0000_0000_0000		☐
9	"DQ16_output"			2#0000_0000_0000_0000		☐
10	"DQ32_output"			2#0000_0000_0000_0000_0000_0000_0000_0000		☐
11				FALSE		☐
12						☐

43. ábra: Watchtable-ben az ON_OFF_button változó átállítása

7.1.4 Eredmény

Csatornaszám	0	1	2	3	4	5	6	7
Mért érték (V)	0.227	0.225	0.228	0.223	0.227	0.223	0.218	0.227

Csatornaszám	8	9	10	11	12	13	14	15
Mért érték (V)	0.221	0.221	0.216	0.222	0.220	0.216	0.221	0.225

44. ábra: 7.1 esetben a multiméterrel mért értékek (táblázat)

A multiméterrel mért értékek mind alatta vannak az előírt 3V-nak, tehát a modul megfelelt a tesztnek.

7.2 Kimeneti feszültség teszt 1 jelnél

7.2.1 Teszt követelményei

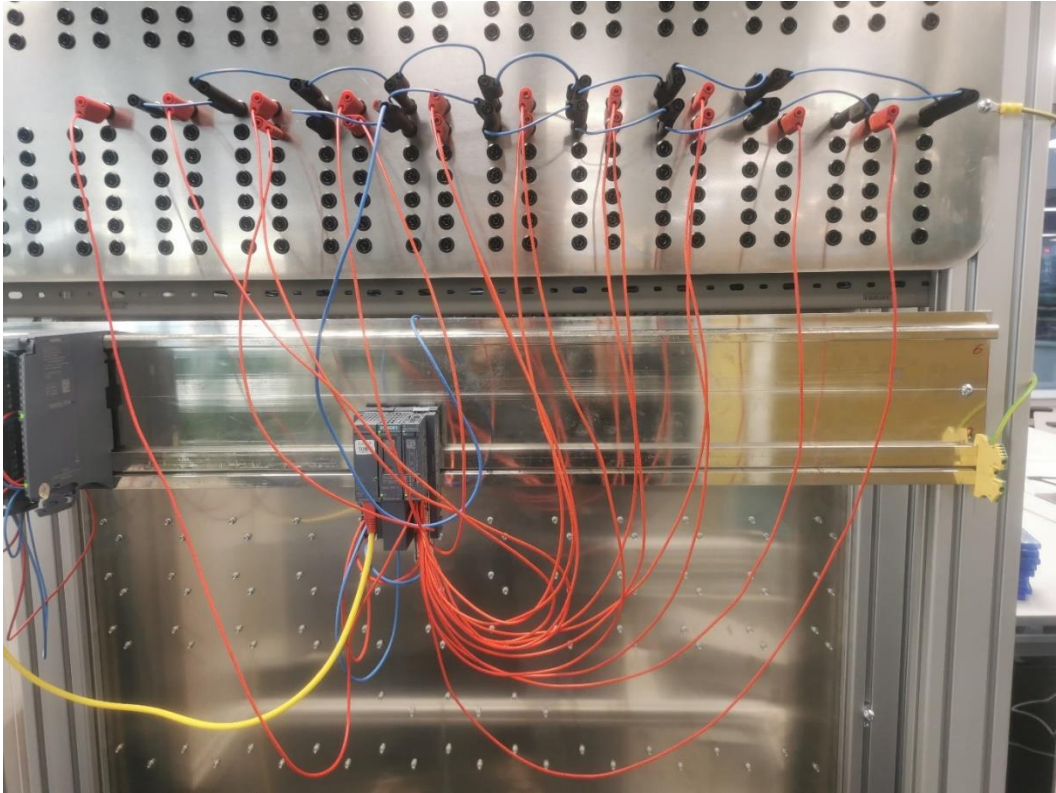
A kimeneti moduloknál az is meg van határozva, hogy egy csatorna használatánál legalább 20.4V feszültségnek jelen kell lennie rajta. Ennek a vizsgálatához a lehető legnagyobb terhelést, tehát a legkisebb Ohmos ellenállást kell a kimenetre kötni, hogy a legnagyobb áram mehessen át rajta, valamint TRUE jel esetén kell megmérni a feszültséget.

7.2.2 Bekötések



45. ábra: Modulra vonatkozó legnagyobb megengedett terhelés

A tesztelt modulnál a minimális terhelés csatornánként 48 Ohm, ezért egy, a racken található 47 Ohmos ellenállást kötöttem a kimenetekhez. A mellékelt ábrán a modul összes csatornáját összekötöttem egy-egy ellenállással. A piros színű vezeték megy az egyik lábuktól a kimenetekhez, a kék vezeték pedig a másik lábuktól a közösített M ponthoz. A feszültség méréséhez a mérőeszközt az előző, 7.1 esethez hasonlóan kötöttem be.



46. ábra: Terhelések bekötése 47 Ohmos ellenállásokat felhasználva

7.2.3 Teszt bemutatása

A bekötéseket követően a kimeneteket külön-külön aktiváltam a mérésekhez, ehhez a 7.1.3 ponthoz hasonlóan állítottam be a tesztelő programot. Ezúttal a Watchtable-ben az ON_OFF_button TRUE-ra állítása után kellett a feszültségeket megmérni a multiméterrel. Az értékeket az összes csatornához felvezettem az alábbi táblázatba.

7.2.4 Eredmény

Csatornaszám	0	1	2	3	4	5	6	7
Mért érték (V)	23.782	23.783	23.791	23.781	23.794	23.791	23.819	23.829

Csatornaszám	8	9	10	11	12	13	14	15
Mért érték (V)	23.804	23.818	23.837	23.840	23.844	23.853	23.831	23.845

47. ábra: 7.2 esetben a multiméterrel mért értékek (táblázat)

A multiméterrel mért értékek mind felette vannak az előírt 20,4V-nak, tehát a modul megfelelt a tesztnek

7.3 Kimeneti feszültség teszt változtatható terhelés esetén

7.3.1 Teszt követelményei

Ennél a tesztnél azt kell megvizsgálni, hogy a csatornákat bekapcsolva bármilyen nagy terhelés esetén legalább a minimum előírt 20,4V feszültség esik-e rajtuk. Ennek a megvizsgálásához egy változtatható terhelést kell a kimenetre kötni és az értékét folyamatosan változtatva figyelni kell a feszültségeket.

7.3.2 Bekötések

A korábban már bemutatott, Arcol tekercselt reosztát használtam változtatható ellenállásként. A bekötésénél a piros aljzatot kell a kimenettel összekötni, a zöld-sárga aljzatot pedig a közösített M ponttal. A méréshez a multimétert az előzőekhez hasonlóan kötöttem be, tehát az M pontot az L0-hoz, a csatorna kivezetést a V aljzathoz csatlakoztattam. A változtatható ellenállás bekötésénél fontos, hogy előtte az értékét kicsire vegyük le, nehogy kárt tegyünk a tesztelendő eszközben. Ezután a multimétert is csatlakoztatni kell, amit az előző pontokban leírt módon tettem meg.

7.3.3 Teszt bemutatása

A megfelelő bekötések után be kell kapcsolni a vizsgálandó kimenetet. Ezt a 7.1 és 7.2 esetekkel egyező program beállítással tettem meg. Ezt követően a terhelést folyton változtatva a mérőeszközön ellenőriztem, hogy a mért feszültség egyszer sem esik-e az előírt érték alá. Fontos ilyenkor, hogy a modulra vonatkozó minimum és maximum terhelést tartsuk be.

7.3.4 Eredmény

Az összes csatornát ellenőrizve a multiméterrel mért értékek minden esetben a minimum, 20,4V felett volt, tehát a modul megfelelt a tesztnek.

7.4 Kimeneti áram kapcsolásos tesztje

7.4.1 Teszt követelményei

Ennél a tesztesetnél azt kell vizsgálni, hogy a modul kibírja-e, hogy az összes csatornáján a lehető legnagyobb áram folyik keresztül, miközben a legnagyobb kapcsolási frekvenciával kapcsolgatjuk ki- és be. 8 óráig kell futtatni a tesztet a teljesítéshez.

7.4.2 Bekötések

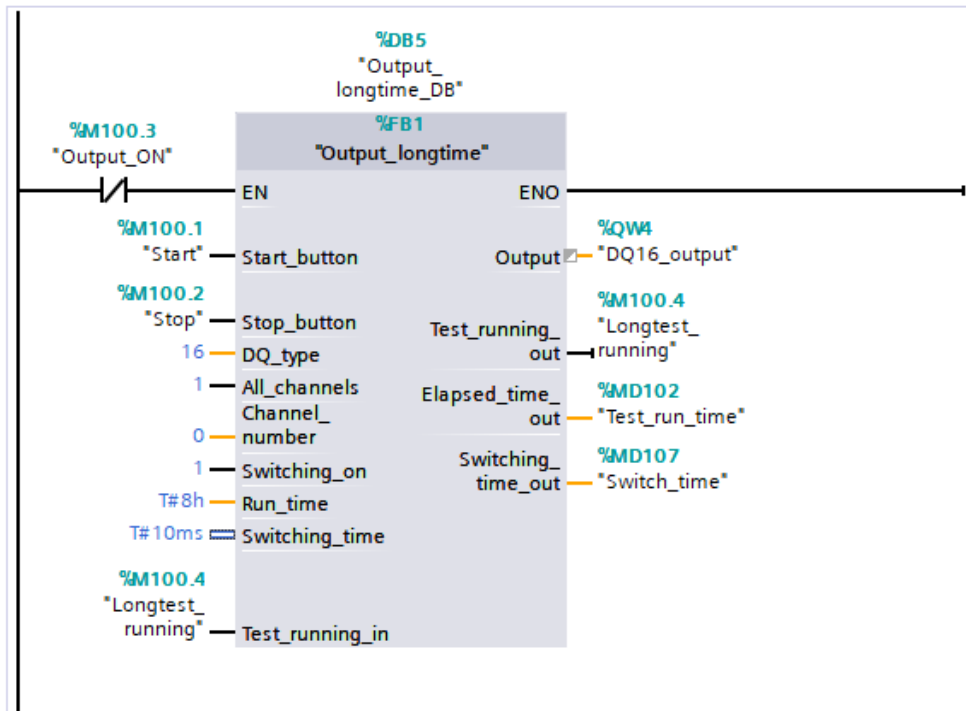
A legnagyobb átfolyó áramot a lehető legkisebb ellenállást tudjuk elérni, tehát a bekötés megegyezik a 7.2 feladat bekötésével. Azaz az összes csatornára egy-egy, 47 Ohmos ellenállást kötöttem.

7.4.3 Teszt bemutatása

Ez egy hosszú távú teszt, 8 órás teszt, ezért a programban a longtime funkcióblokkot kell használni, és az időtartamot 8 órára kell beállítani. Ugyanakkor ez egy kapcsolásos teszt is, ezért a switching változót is 1-re kell állítani. A switching_time változónak egy váltási időt kell beírni, amit a maximális kapcsolási frekvencia reciprokéjaként lehet megkapni. A modul esetén ez $1 / 100 \text{ Hz} = 0,01 \text{ s} = 10 \text{ ms}$.

Switching frequency	
With resistive load, max.	100 Hz
With inductive load, max.	0.5 Hz; according to IEC 60947-5-1, DC-13
With lamp load, max.	10 Hz

48. ábra: Maximális kapcsolási frekvenciák



49. ábra: 7.4 esetben a Longtime funkcióblokk beállítása

7.4.4 Eredmény

A modul nem ment tönkre, tehát sikeresen teljesítette a tesztet.

7.5 Kimeneti áram statikus tesztje

7.5.1 Teszt követelményei

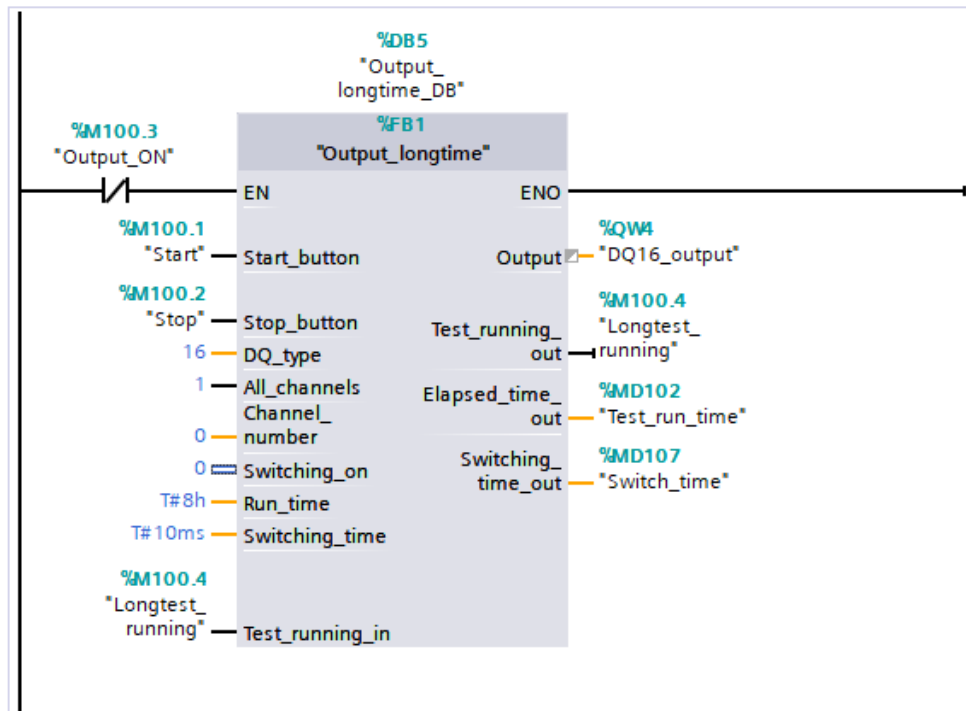
Ez a teszt nagyon hasonló az előző, 7.4-es tesztesethez. Ugyanúgy legnagyobb terheléssel kell 8 órán keresztül vizsgálni a modult, de jelváltás nélkül, statikusan kell futtatni.

7.5.2 Bekötések

A bekötés is megegyezik a 7.4-es pontban leírtakkal.

7.5.3 Teszt bemutatása

A programot már kicsit máshogy kell beállítani, mert ki kell kapcsolni az élváltást a switching változó 0-ba állításával. Minden más ugyanaz.



50. ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.5 tesztéhez

7.5.4 Eredmény

A modul nem ment tönkre, tehát sikeresen teljesítette a tesztet.

7.6 Kimeneti áram kapcsolásos tesztje egy csatornára

7.6.1 Teszt követelményei

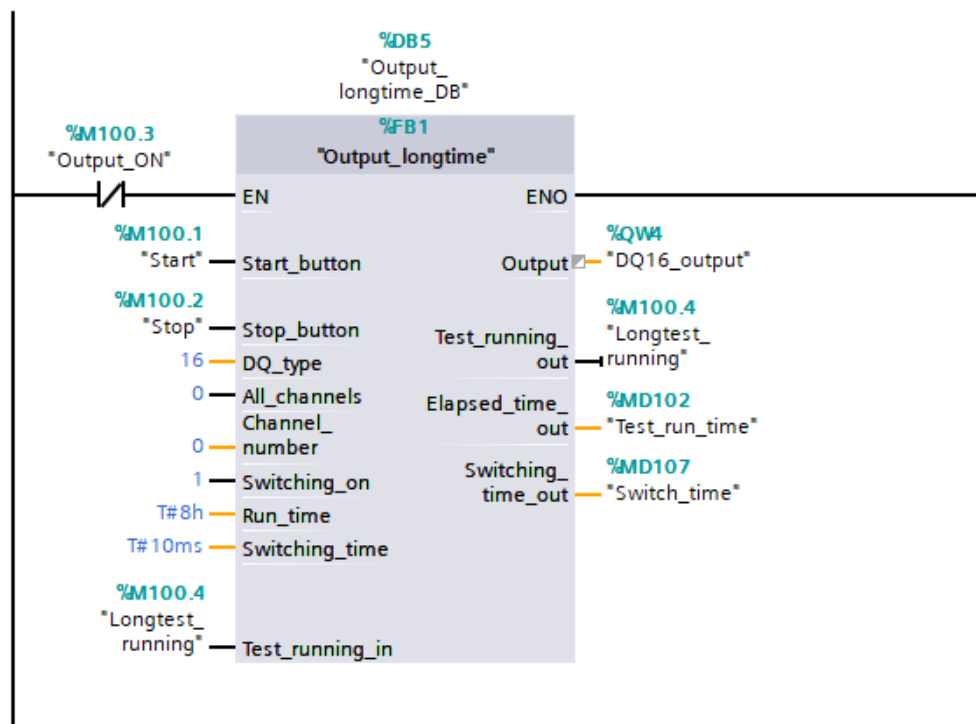
Ez az eset még mindig a legnagyobb átfolyó árammal, de egyszerre csak egy csatornát vizsgál jelváltással. Elfogadási teszt esetén elég 4 órán keresztül futtatni, funkció teszt és regressziós teszt esetén 8 órán keresztül kell.

7.6.2 Bekötések

A bekötések megegyeznek az összes eddigi kimeneti áram tesztjével, tehát továbbra is a lehető legkisebb, 47 Ohmos ellenállást kell a csatornákra kötni.

7.6.3 Teszt bemutatása

A programban itt is a longtime funkcióblokkot kell használni, a switching_on változót TRUE-ba állítani, de egyszerre egy csatornát aktiválni, vagyis az All_channels változót FALSE-ba változtatni. A tesztelendő csatorna számát a Channel_number változóba kell beírni.



51. ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.6 tesztesethez

7.6.4 Eredmény

A modul nem ment tönkre egyik csatorna terhelése után sem, tehát sikeresen teljesítette a tesztet.

7.7 Kimeneti áram statikus tesztje egy csatornára

7.7.1 Teszt követelményei

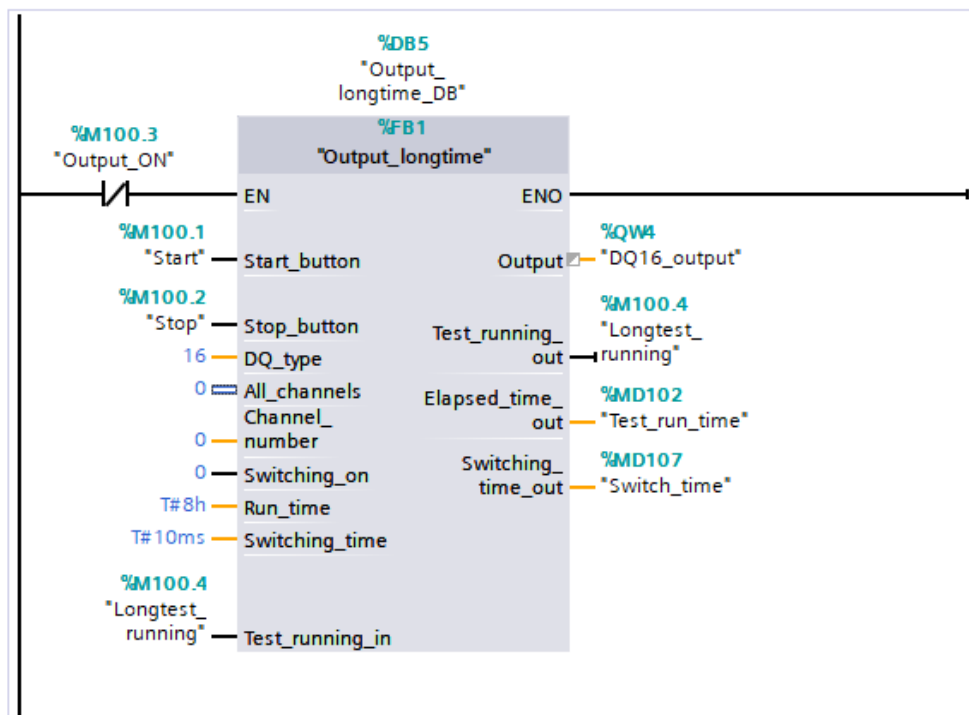
Ez a tesztet megegyezik az előző, 7.6-os tesztessel, azzal a különbséggel, hogy a jelváltást ki kell kapcsolni. Tehát legnagyobb terhelés, egyszerre csak egy csatorna és statikus, 8 órás vizsgálat.

7.7.2 Bekötések

A bekötések megegyeznek az összes eddigi kimeneti áram tesztjével, tehát a lehető legkisebb, 47 Ohmos ellenállást kell a csatornákra kötni.

7.7.3 Teszt bemutatása

A programban megint a longtime funkcióblokkot kell állítani, a switching változót kikapcsolni és egyszerre egy csatornát aktiválni.



52. ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.7 tesztéhez

7.7.4 Eredmény

A modul nem ment tönkre egyik csatorna terhelése után sem, tehát sikeresen teljesítette a tesztet.

7.8 Maximum maradó áram tesztje

7.8.1 Teszt követelményei

Ennél a tesztesetnél a maradó áram határértékét kell vizsgálni. A mért áram nem haladhatja meg a 0,1 mA-t.

Output current	
• for signal "1" rated value	0.5 A
• for signal "0" residual current, max.	0.1 mA

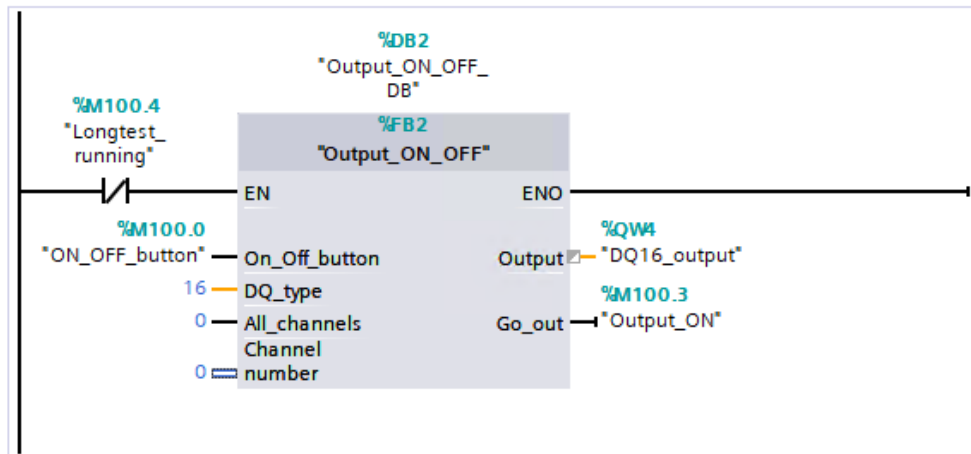
53. ábra: Maradó áram határértéke

7.8.2 Bekötések

A méréshez először a lehető legkisebb terhelést kell a kimenetre kötni, tehát a lehető legnagyobb, 12 kOhmos ellenállást, majd egy multimétert is csatlakoztatni kell. Az ellenállás bekötése a 7.1 tesztesetével egyezik meg, azonban a multiméteren a csatorna felé vezető ágot az „I” aljzattal kell összekötni az áram méréséhez.

7.8.3 Teszt bemutatása

A bekötések után a méréshez egy negatív élváltást kell előállítani. Tehát az ON_OFF funkcióblokkban először be kell kapcsolni az adott csatornát, majd ki. A beállítás megegyezik a 7.1 esettel, azaz a mérendő csatornát a Channel_number változóba kell beírni és az All_channels változót 0-ra állítani. Utána a multiméteren figyelni kell az áramértéket.



54. ábra: 7.8 tesztesetnél az ON_OFF funkcióblokk beállítása

7.8.4 Eredmény



55. ábra: 7.8 esetben a multiméteren mutatott érték.

A mért áram 0,016 mA, nem haladta meg az előírt 0,1 mA határértéket, tehát a modul átment a teszten.

7.9 Rövidzárlat védelem csatornánkénti tesztje

7.9.1 Teszt követelményei

Ez a fajta teszt azt vizsgálja, hogy egy csatorna rövidzárja esetén a többi csatorna ugyanúgy helyesen működik-e tovább.

7.9.2 Bekötések

Ehhez a teszthez, tehát rövidre kell zárni egy csatornát, amit úgy tettem be, hogy a racken kivezetett M pontba kötöttem be azt.

7.9.3 Teszt bemutatása

A rövidzár bekötése után végig próbálgattam a kimenetek kapcsolgatását, hogy megfelelően működnek-e. A programot ugyanolyan beállításokkal használtam, mint a 7.1 és a 7.8as tesztnél.

7.9.4 Eredmény

A rövidzárlatok esetén is a modul hibátlanul működtette a kimeneteket, tehát sikeresen átment a teszten.

7.10 Rövidzárlat védelem küszöbértékének a tesztje

7.10.1 Teszt követelményei

Ennél a tesztesetnél azt kell vizsgálni, hogy a csatorna rövidzárlat védelme a megfelelő áramérték esetén aktiválódik-e.

Digital outputs	
Type of digital output	Source output (PNP, current-sourcing)
Number of digital outputs	16
Current-sinking	No
Current-sourcing	Yes
Digital outputs, parameterizable	Yes
Short-circuit protection	Yes
• Response threshold, typ.	1 A
Open-circuit detection	Yes
Limitation of inductive shutdown voltage to	Typ. L+ (-50 V)
Controlling a digital input	Yes

56. ábra: Rövidzárlat védelem küszöbértéke

7.10.2 Bekötések

A bekötendő eszköz itt egy változtatható ellenállás, azaz a reosztát és egy multiméter. A reosztátot a 7.3 ponthoz hasonlóan kötöttem be, a multimétert meg a 7.8 ponthoz hasonlóan, ugyanis áramot kell mérni, vagyis az „I” aljzatot kell használni (az L0 mellett természetesen). Összesítve, a csatorna ágát a reosztát piros aljzatához és a multiméter „I” aljzatához kell elvinni, az M pontot pedig a reosztát sárga-zöld- és a multiméter L0 pontjához.

7.10.3 Teszt bemutatása

Az eszközöket bekötve, folyamatosan csökkentem a reosztáton a terhelés értékét, azaz folyamatosan növelem az ellenállást. Közben a multiméteren figyelem, hogy milyen értéknél vált a csatorna rövidzárlatba.

7.10.4 Eredmény

A modul csatornájának a rövidzárlat védelme 1,1A áramnál kapcsolt be, az előírt érték pedig 1A volt, tehát elmondható, hogy a modul átment a teszten.

7.11 Rövidzárlat alatti kapcsolásos teszt

7.11.1 Teszt követelményei

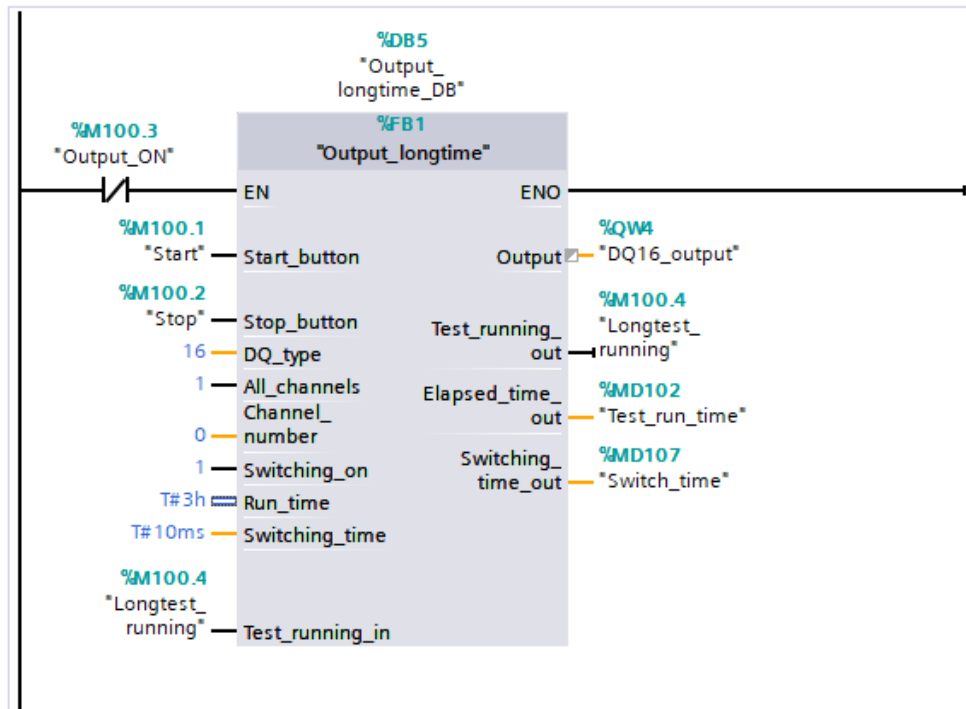
Ez a teszt azt vizsgálja, hogy az összes csatornát rövidre zárva és maximum kapcsolási frekvencián több órán keresztül kapcsolgatva tönkre megy-e a modul.

7.11.2 Bekötések

Az összes csatorna rövidre zárásához mindet az M pontba kell bekötni. Mérőműszer bekötésére itt nem volt szükség.

7.11.3 Teszt bemutatása

A bekötés után egy több órás, az összes csatornára kiterjedő kapcsolásos tesztet kell beállítani a programban. Az alábbi módon valósítottam meg.



57. ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.12 tesztesethez

7.11.4 Eredmény

A modul nem ment tönkre, tehát sikeresen teljesítette a tesztet.

7.12 Rövidzárlat alatti statikus teszt

7.12.1 Teszt követelményei

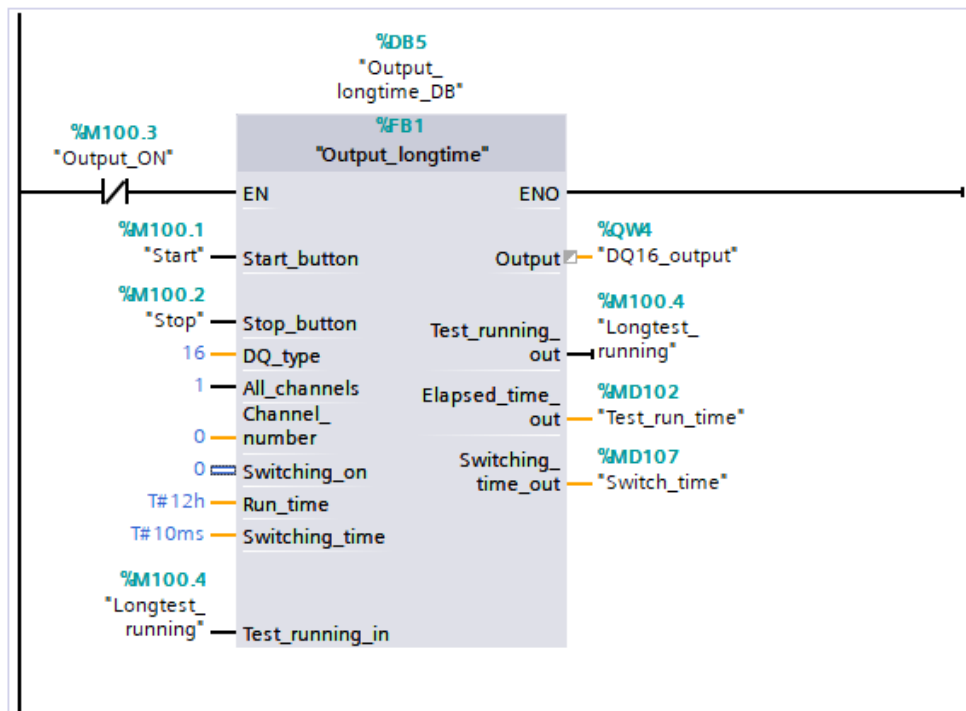
Ez a tesztet az előző, 7.11-es esethez hasonló, csak nem jelváltással, hanem állandóan TRUE-be állítva kell az összes (és rövidre zárt) kimenetet állítani, és itt minimum 12 óra van előírva időtartamnak. A cél itt is ugyanaz, nem szabad tönkre mennie a moduloknak.

7.12.2 Bekötések

Az összes csatornát ugyanúgy kell rövidre zárni, mint a 7.11-es pontban.

7.12.3 Teszt bemutatása

A bekötés után itt egy jelváltás nélküli, minden csatornára kiterjedő 12 órás tesztet kell beállítani. A programot az ábrán látható módon konfiguráltam.



58. ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.12 tesztéhez

7.12.4 Eredmény

A modul nem ment tönkre, tehát sikeresen teljesítette a tesztet.

7.13 Felfutási idő tesztje

7.13.1 Teszt követelményei

Ennél a típusú tesztnél a felfutási időt kell ellenőrizni oszcilloszkóppal, az előírt értéket, tehát az 50 us-ot nem szabad meghaladni. Ennek az ellenőrzéséhez a lehető legnagyobb terhelést kell alkalmazni, mert ebben az esetben a modul nehezebben tölti fel a kondenzátorokat, tehát ekkor a leghosszabb a felfutási idő.

Output delay with resistive load	
• "0" to "1", typ.	50 μ s
• "1" to "0", typ.	100 μ s

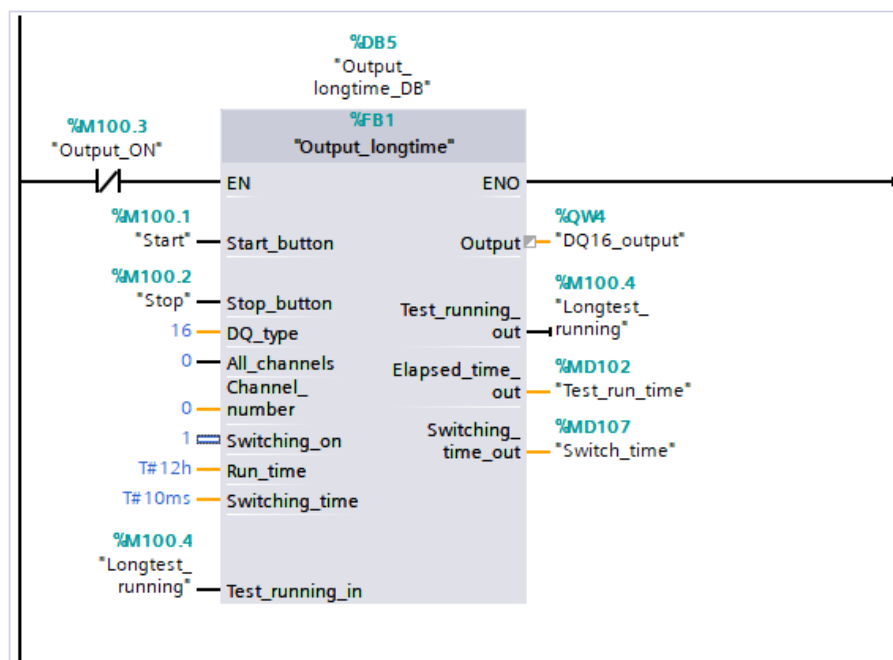
59. ábra: Modul maximális felfutási ideje

7.13.2 Bekötések

A lehető legnagyobb terhelést kell a kimenetre kötni, ami lehető legkisebb ellenállást jelenti, tehát a 47 Ohmot. Ezt a már korábban bemutatott módon kötöttem be. Ezen kívül egy oszcilloszkópot is szükséges használni az idő méréséhez. Ehhez a mérendő csatornát az mérőeszköz egyik csatornájával kell összekötni.

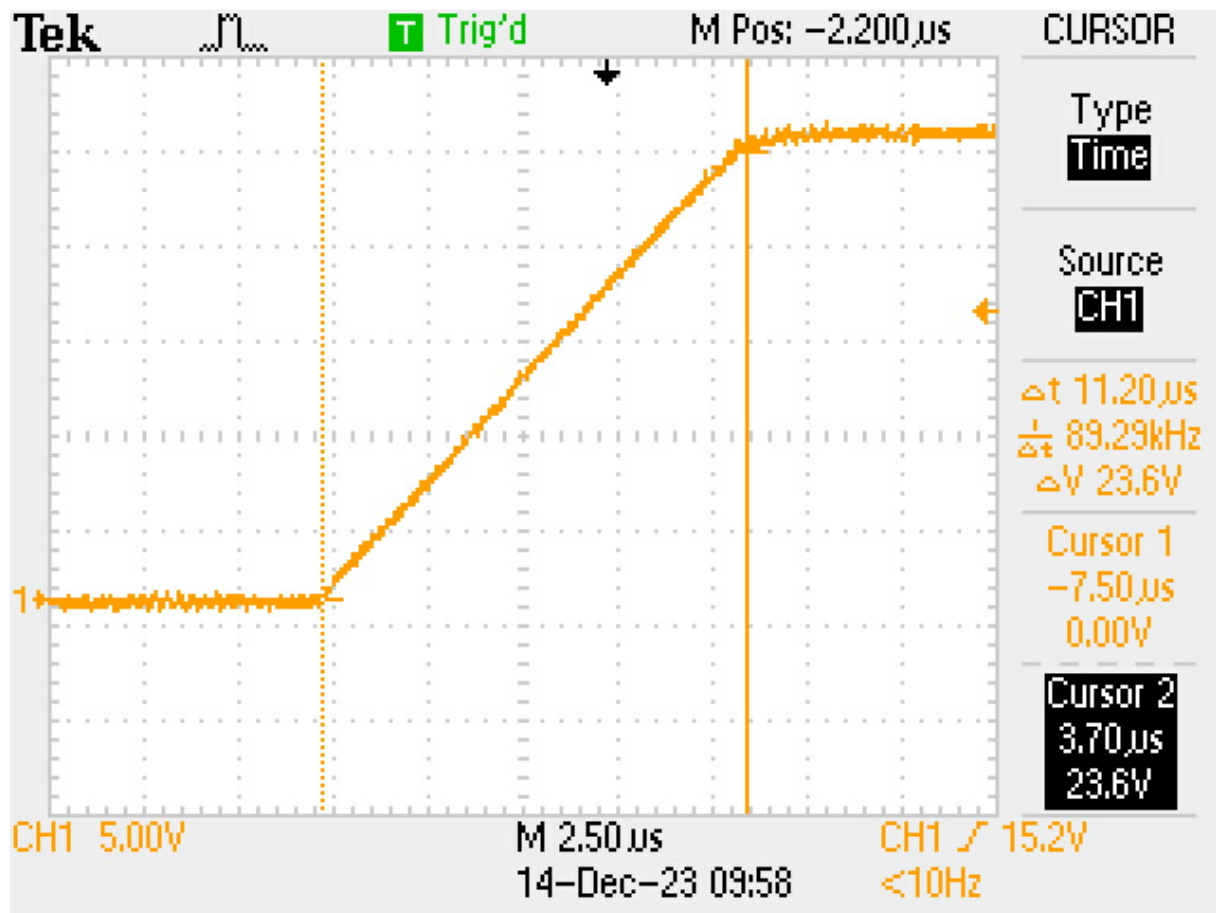
7.13.3 Teszt bemutatása

A bekötések után be kell állítani az oszcilloszkópot, hogy az adott csatornát figyelje, DC komponenst mérjen és felfutó élet figyeljen. Ezután elő kell állítani egy folyamatos élváltást, tehát a program Longtime funkcióblokkját kell használni kapcsolós módban és a mérendő csatornát beállítva, például a 7.6-os tesztesethez hasonlóan. Ezután még hasznos lehet az oszcilloszkópon beállítani a mértékeket a láthatóság érdekében, majd beállítani a két trigger pozícióját a felfutás indulásához és befejezéséhez, a kettő közötti időt az eszköz kijelzi.



60. ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.14 tesztesethez

7.13.4 Eredmény



61. ábra: Oszilloszkóp mutatott képe a 7.14 tesztesetben

A modul kimenetének a felfutási ideje 11,2 us, ami alatta van az előírt 50 us-nak, tehát a modul átment a teszten.

7.14 Lefutási idő tesztje

7.14.1 Teszt követelményei

Ez a teszt a lefutási időt vizsgálja, melynek nem szabad az előírt, 100 us érték alá esnie. A kimenetre a legkisebb lehetséges terhelést kell rakni, mert ekkor sülnek ki lassabban a kondenzátorok.

Output delay with resistive load	
• "0" to "1", typ.	50 μ s
• "1" to "0", typ.	100 μ s

62. ábra: Modul maximális lefutási ideje

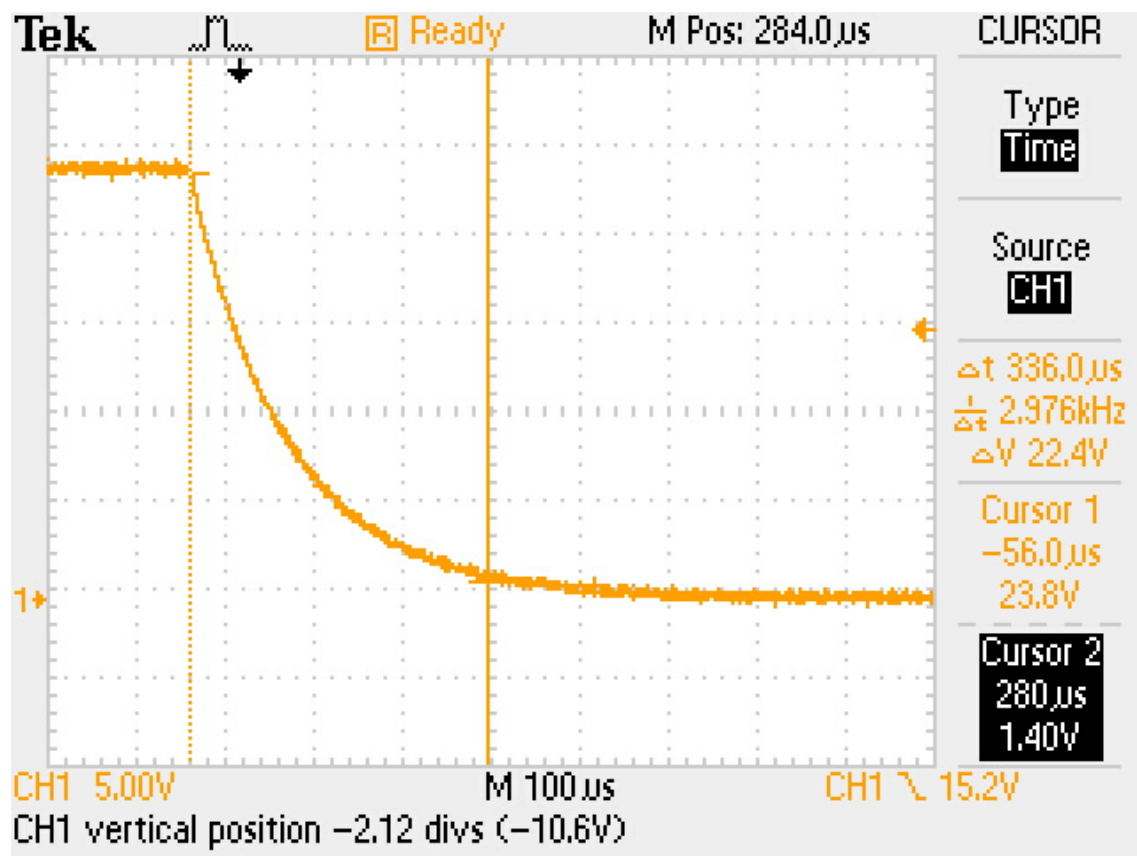
7.14.2 Bekötések

A lehető legkisebb terhelést kell a kimenetre kötni, ami lehető legnagyobb ellenállást jelenti, tehát a 12 kOhmot. Ezt is a már korábban bemutatott módon kötöttem be. Ezután az oszcilloszkópot is bekötöttem a 7.13 esethez hasonlóan.

7.14.3 Teszt bemutatása

A bekötések után itt is ugyanúgy folyamatos élváltást kell előállítani, tehát a 7.13-as eset programját használtam. Ezután az oszcilloszkópon a triggerek segítségével a lefutási időt mértem meg.

7.14.4 Eredmény



63. ábra: Oszcilloszkóp mutatott képe a 7.14 teszt eseténél

A modul kimenetének a lefutási ideje elfogadhatónak minősül, tehát a modul átment a teszten.

7.15 Induktív kikapcsolási feszültség tesztje

7.15.1 Teszt követelményei

Ennél a tesztnél negatív élváltásnál kell oszcilloszkóppal figyelni, hogy a kikapcsolási feszültség a megadott, tipikus érték (-50V) közelében van-e.

Digital outputs	
Type of digital output	Source output (PNP, current-sourcing)
Number of digital outputs	16
Current-sinking	No
Current-sourcing	Yes
Digital outputs, parameterizable	Yes
Short-circuit protection	Yes
• Response threshold, typ.	1 A
Open-circuit detection	Yes
Limitation of inductive shutdown voltage to	Typ. L+ (-50 V)
Controlling a digital input	Yes

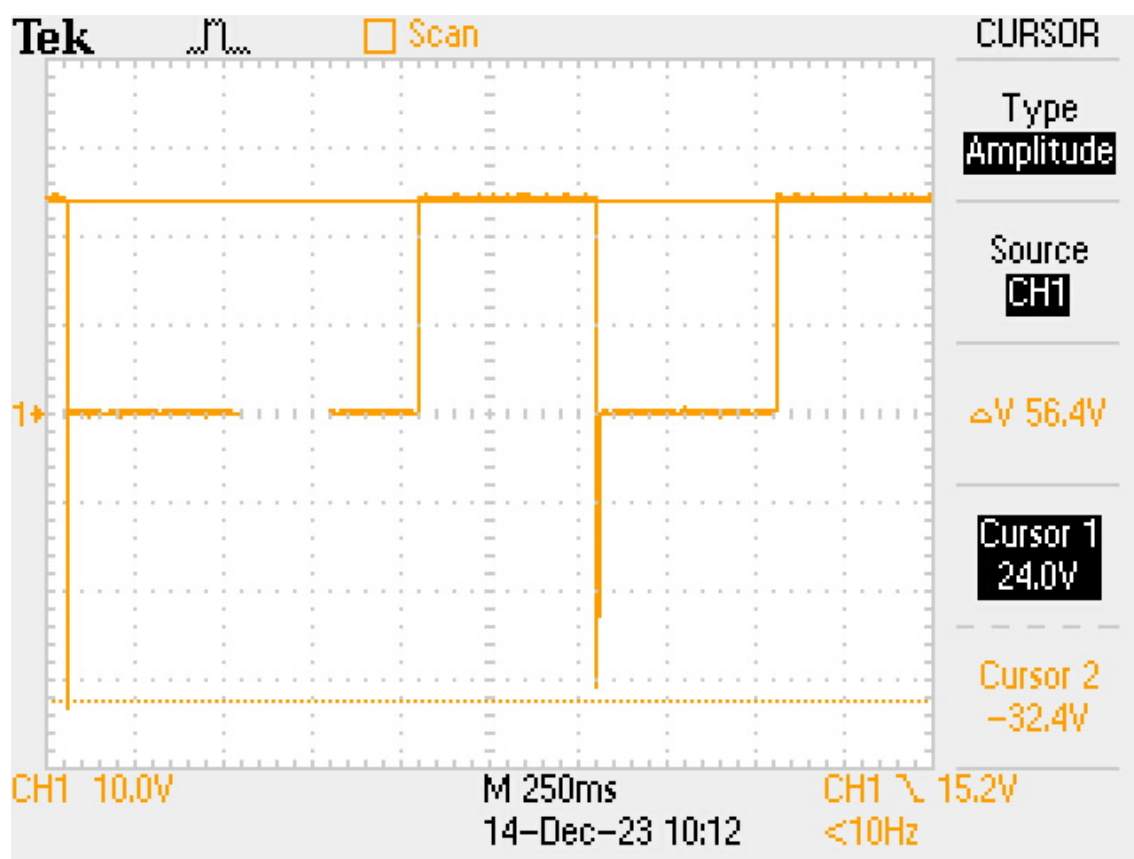
64. ábra: A modul kikapcsolási feszültségének a tipikus értéke

7.15.2 Bekötések

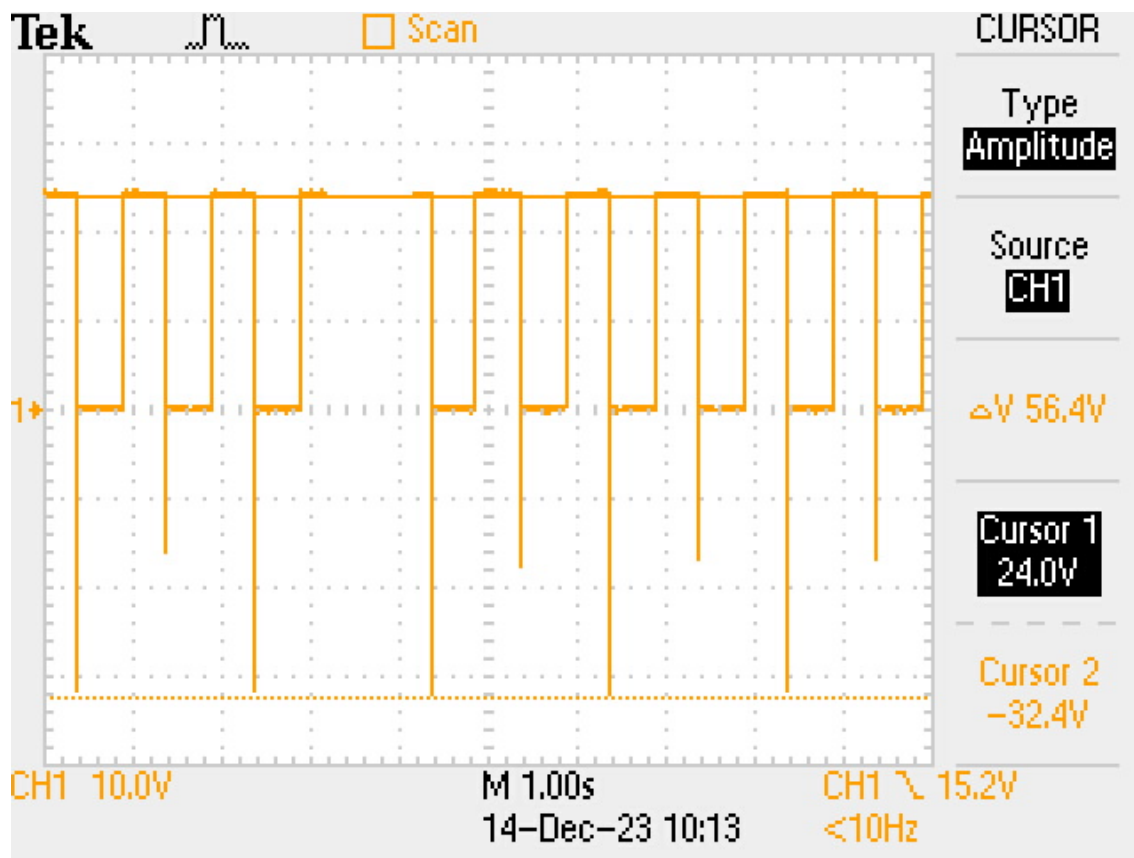
Ezt a tesztet relével való terheléssel ajánlott végezni, ehhez egy Schrack RT314024 típust alkalmaztam. A relébe ugyanúgy be kell kötni az L+-t és az M pontot, mint az ellenállások esetében. Ezután az oszcilloszkópot a megszokott módon kötöttem be.

7.15.3 Teszt bemutatása

Ehhez az oszcilloszkópos vizsgálathoz is folyamatos élváltást kell előállítani, tehát megint a 7.13 és a 7.14 tesztet longtime funkcióblokkját használtam. Ezután a mérőeszköztől a megfelelő mértékek beállítása után leolvastam a feszültség legkisebb (negatív) értékeit egy kurzor setítésével.



65. ábra: 7.15 tesztet oszcilloszkópos képe /1



66. ábra: 7.15 tesztet oszcilloszkópos képe /2

7.15.4 Eredmény

Az mért induktív kikapcsolási feszültség értéke $-56,4\text{V}$, amely az előírt tipikus érték, a -50V közelében van, ezért elfogadhatónak minősül. A modul átment a teszten.

8 Összefoglalás

A kitűzött célokat összességében sikerült teljesítenem. Létrehoztam egy olyan konfigurációt, amelyet alkalmazni lehet a SIMATIC perifériacsalád eszközeire. Sikeresen elvégeztem a validáláshoz a tesztberendezésen specifikusan elvégezhető terheléses tesztek. A terheléses rack alkalmas és hasznos eszköz a további típusok teszteléséhez is. Azonban ami számomra még nagyon fontos, hogy nagyon sok tapasztalatot szereztem.

Munkám során megtanultam összerakni teljesen az alapoktól egy teszt racket- Ez a folyamat sok részletet magában foglal. Megismerkedtem a különböző vezeték és csatlakozó típusokkal, vezetékvezetési rendszerekkel. Továbbá elsajátítottam a tápegység, megszakítók és szigetelések bekötésének az okait, módjait és módszereit.

A konfiguráció összerakásához nagyon sokat tanultam a Siemens ipari automatizálási rendszereiről és eszközeiről, ezen belül is a különböző tulajdonságaikról és specifikációkról. A tesztek típusainak a megismerése folyamán pedig jó tapasztalat volt felismerni, hogy a különböző tesztek milyen funkciók megvizsgálásához lehet használni, hogy a teszt során mit és miért csináltunk olyan módon, ahogy csináltuk. Továbbá mindenképpen fejlődött a PLC programozói tudásom, megismerkedtem többféle programnyelvvel és fejlesztőkörnyezettel is, valamint a különböző diagnosztikai módszerekkel, amiket korábban egyáltalán nem használtam. Külön kiemelném az evosoftos kollégák segítőkészségét, akik minden kérdésemre szívesen válaszoltak és mindenben segítséget nyújtottak, amiben kértem. Legyen az a legegyszerűbb dolog, vagy különleges technikai tudást igénylő kérdés.

Végül megismerkedtem a tesztelési munkafolyamat részeivel metódusaival, illetve, hogy milyen ezeket a tevékenységeket csapatban végezni, ezen belül is hogy hogyan tud hatékonyan együttműködni ennyi ember.

A jövőt tekintve nagy örömmel tölt el, hogy a feladatom teljesítése során egy olyan munkaeszköz összeállításában és fejlesztésében vehettem részt, ami remélhetőleg még nagyon sokáig üzemelni fog és segíteni fogja a mostani és jövőbeli kollégák munkáját.

9 Summary

Overall, I managed to achieve my goal. I have created a configuration that can be applied to the SIMATIC product family. I have successfully performed load tests that are specific to the test equipment for validation. The load rack is a suitable and useful tool for testing additional types. However, what is still very important for me is that I have gained a lot of experience.

In the course of my work, I learned to put together a test rack from scratch - a process that involves many details. I learned about the different types of wires and connectors, wiring systems. I also mastered the reasons, ways and methods of wiring power supply, circuit breakers and insulators.

To put the configuration together I learned a lot about Siemens industrial automation systems and devices, including their different features and specifications. And in the process of learning about the types of tests, it was a good experience to recognise what different tests could be used to test what functions, what we did in the way we did it and why we did it. Furthermore, I definitely improved my PLC programming skills, I got familiar with several programming languages and development environments, as well as with different diagnostic methods that I had not used at all before. I would especially like to highlight the helpfulness of my colleagues at evosoft, who were happy to answer all my questions and help me with anything I asked for. Be it the simplest thing or a question requiring special technical knowledge.

Finally, I learned about the methodology of processes of the testing workflow and how to do these activities in a team, including how so many people can work together effectively.

Looking to the future, I am delighted to have been involved in the design and development of a work tool that will hopefully be in service for a very long time to come and help current and future colleagues.

10 Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani először is Gál Gergő Jerrynek, aki hatalmas türelemmel bármikor a legapróbb dologban is segítségemre volt a munkám folyamán. Ezen kívül nagyon hálás vagyok Zódor Tamásnak, aki a betanulásomat koordinálta és minden témakört a lehető legérthetőbben el tudott magyarázni. Továbbá megköszönnék még mindent az egyetemi konzulensemnek is, Varga Árpádnak is, akinek a személyében a tanulmányaim leginkább lelkiismeretes és segítőkész tanárát ismertem meg és akinek a kurzusait a legjobban élveztem. Ezek mellett köszönöm mindenkinek, aki ösztönzött, végigkísért, vagy akár csak elviselt a tanulásom hosszú útján.

11 Ábrajegyzék

1.	ábra: PLC felépítése	11
2.	ábra: PLC ciklus	12
3.	ábra: Legelterjedtebb Siemens PLC típusok	14
4.	ábra: Példa decentrális periféria típusokra	16
5.	ábra: Különböző sítípusok.....	16
6.	ábra: Példa modul típusokra	17
7.	ábra: Profibus és Profinet ipari kommunikáció	18
8.	ábra: Általános Profibus kábel	19
9.	ábra: Profinet kábel	21
10.	ábra: Terheléses Rack ellenállás táblája (építés még folyamatban)	26
11.	ábra: Terheléses Racken a banándugótábla és a PLC sín	27
12.	ábra: Példa digitális kimeneti modulokra	29
13.	ábra: Tápegység, relé és a szigetelések bekötése.....	31
14.	ábra: PLC bekötése	31
15.	ábra: ET200SP bekötése	32
16.	ábra: Keysight U3606A multiméter	32
17.	ábra: Arcol tekercselt reosztát	33
18.	ábra: Tektronix TDS 2024C Oszilloszkóp.....	33
19.	ábra: AIM – TTI CPX400DP laboratóriumi tápegység.....	34
20.	ábra: A tesztelő program Main OB-ja	35
21.	ábra: A tesztelő program tag table-je.....	36
22.	ábra: A tesztjeimhez használt watchtable	36
23.	ábra: Az Output_ON_OFF FB változói.....	36
24.	ábra: Output_ON_OFF FB /1	37
25.	ábra: Output_ON_OFF FB /2	37
26.	ábra: Output_ON_OFF FB /3	38

27.	ábra: Output_ON_OFF FB /4	38
28.	ábra: Az Output_longtime FB változói	38
29.	ábra: Output_longtime FB /1	39
30.	ábra: Output_longtime FB /2	39
31.	ábra: Output_longtime FB /3	39
32.	ábra: Output_longtime FB /4	40
33.	ábra: Output_longtime FB /5	40
34.	ábra: Output_longtime FB /6	41
35.	ábra: Output_longtime FB /7	41
36.	ábra: Diagnostic DB /1	42
37.	ábra: Diagnostic DB /2	42
38.	ábra: Diagnostic DB /3	42
39.	ábra: A diagnosztikához használt OB.....	43
40.	ábra: Modulra vonatkozó legkisebb megengedett terhelés.....	44
41.	ábra: Multiméter bekötése feszültség méréséhez	44
42.	ábra: 7.1 esetben az ON_OFF funkcióblokk beállítása	45
43.	ábra: Watchtable-ben az ON_OFF_button változó átállítása	45
44.	ábra: 7.1 esetben a multiméterrel mért értékek (táblázat).....	46
45.	ábra: Modulra vonatkozó legnagyobb megengedett terhelés	46
46.	ábra: Terhelések bekötése 47 Ohmos ellenállásokat felhasználva	47
47.	ábra: 7.2 esetben a multiméterrel mért értékek (táblázat).....	47
48.	ábra: Maximális kapcsolási frekvenciák.....	49
49.	ábra: 7.4 esetben a Longtime funkcióblokk beállítása	50
50.	ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.5 teszteléshez	51
51.	ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.6 teszteléshez	52
52.	ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.7 teszteléshez	53
53.	ábra: Maradó áram határértéke	54

54.	ábra: 7.8 tesztesetnél az ON_OFF funkcióblokk beállítása.....	55
55.	ábra: 7.8 esetben a multiméteren mutatott érték.....	55
56.	ábra: Rövidzárlat védelem küszöbértéke	56
57.	ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.12 tesztesethez	58
58.	ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.12 tesztesethez	59
59.	ábra: Modul maximális felfutási ideje	60
60.	ábra: Longtime funkcióblokk beállítása 7.14 tesztesethez	60
61.	ábra: Oszilloszkóp mutatott képe a 7.14 tesztesetben.....	61
62.	ábra: Modul maximális lefutási ideje	62
63.	ábra: Oszilloszkóp mutatott képe a 7.14 tesztesetnél.....	62
64.	ábra: A modul kikapcsolási feszültségének a tipikus értéke	63
65.	ábra: 7.15 teszteset oszcilloszkópos képe /1	64
66.	ábra: 7.15 teszteset oszcilloszkópos képe /2.....	64

12 Irodalomjegyzék

[1] Tesztelés szintjei

<https://gyires.inf.unideb.hu/KMITT/c12/ch01s03.html>

[2] Wikipedia: Programozható Logikai Vezérlő

https://hu.wikipedia.org/wiki/Programozható_logikai_vezérlő#PLC_programnyelvek

[3] Wikipedia: PLC Block Diagram.jpg,

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PLC_Block_Diagram.jpg

[4] Polytechnic Hub: Block diagram of programmable logic controller,

<https://www.polytechnichub.com/block-diagram-programmable-logic-controller-plc/>

[5] Szabó Gábor: O3.04_HW_alapismeretek_V1.0 - Evosoft Hungary Kft. Test Sense and Act projekt oktatóanyaga

[6] AutomationPrimer: Siemens *PLCs*,

<https://automationprimer.com/2014/03/16/siemens-plcs/>

[7] Wikipedia: IP-védettség

<https://hu.wikipedia.org/wiki/IP-védettség>

[8] Wikipedia: Profibus,

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Profibus>

[9] PROFIBUS: PROFIBUS System Description,

<https://www.profibus.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=52380&token=4868812e468cd5e71d2a07c7b3da955b47a8e10d>

[10] Wikipedia: Profinet,

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Profinet>

[11] PROFINET: PROFINET System Description,

http://us.profinet.com/wp-content/uploads/2012/11/PROFINET_SystemDescription_ENG_2014_web.pdf

[12] TMS szoftverben a Evosoft Hungary Kft. Test Sense and Act projekt tesztadatbázisa

[13] DQ 16x24VDC/0.5A ST manual

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/564/59753564/att_863743/v1/et200sp_dq_16x24vdc_0_5a_st_manual_en-US_en-US.pdf

[14] DQ 32x24VDC/0.5A HF manual

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/716/109480716/att_902641/v1/s71500_dq_32x24vdc_0_5a_hf_manual_en-US_en-US.pdf

[15] Keysight U3606A multiméter

<https://www.keysight.com/us/en/product/U3606A/multimeterdc-power-supply.html>

[16] Arcol tekercselt reosztát, 33Ω , $\pm 10\%$

<https://hu.rs-online.com/web/p/reosztatok/8276397?gb=s>

[17] TEKTRONIX TDS2024C oszcilloszkóp

<https://hu.farnell.com/tektronix/tds2024c/oscilloscope-4ch-200mhz-2gsps/dp/1840968>

[18] AIM – TTI CPX400DP laboratóriumi tápegység

<https://www.tme.eu/hu/details/cpx400dp/programozhato-tapegysegek/aim-tti/>