

Final design of the readout system for Triple-GEM detectors for the CMS forward muon upgrade

Yifan Wang, on behalf of the CMS Collaboration
Université Libre de Bruxelles (ULB)

21st IEEE Real Time Conference - Colonial Williamsburg

Introduction

The CMS Collaboration will install integrated Triple-GEM detectors, with dimensions $100 \times 40 \times 110$ cm³ in the forward region, $|\eta| < 1.4$, of the CMS muon spectrometer. Triple-GEM detectors can provide precision tracking and fast trigger information, contributing on one hand to provide missing redundancy to the high- p_T region and on the other hand to the improvement of the CMS main trigger.

The Opto-Hybrid (OH)

An FPGA will be placed on the detector Opto-Hybrid (OH) to compress the trigger signals from the 24 VMEs, to perform zero suppression and transmit the data to the CSC, as well as to the gTCA off-detector electronics. About 110 off-detector pairs are required to transmit the OH data to the 24 VMEs. To avoid cables along the detector the signals are transmitted through 6190 pairs of twisted-pair connectors installed on both sides and the 48 components are powered through HV07 ASIC [4].

The gTCA back-end electronics

The gTCA standard will be used for the back-end electronics. The CSC and OH, designed for the CMS Collaboration, trigger signals to read the trigger and tracking data from the Triple-GEM detectors, provide local triggering and interface the CMS DAS. Given the number of signals (rate: 15.1 MHz) and a gTCA, more are enough to read out the entire OH system. The OH ASIC board [4] is used to interface the OH product system to the CMS DAS.

GE1/1 planning and silica fiber

Before the installation of the first system during CMS Long Shutdown 2 (2019-2020), 18 detectors equipped with the GE1/1 chip (generation of VME2) have been installed in CMS during the 2017 winter. The prototype steps to collect data from 2017, 2018, 2019 detectors have been fully integrated to the DAS and DAS (Detector Control System of CMS). During winter 2018, two detectors have been replaced by detectors equipped with the final electronics version, including the VME2.

GE2/1 and ME2 requisites

Beyond GE1/1, CMS plans to install additional layers of Triple-GEM detectors: GE2/1 and ME2. GE2/1 is on the second endcap disk of CMS while ME2 is an extra layer, closer to the beam pipe, that will be installed behind the new high- p_T innermost calorimeter.

REFERENCES

[1] Luminator and low-power binary readout for CMS: for Triple-GEM detectors supporting wide range of detector configurations with gain and timing tunability, E. Agelli et al., *IEEE NSS 2012 Proc.*, [2] Development of GEM Electronics Board 2000, A. Takahashi et al., *INSTRON 4*, *INST 9* (2004) 12, *ICAD 10* (2010) 12, *ICAD 11* (2011) 12, *ICAD 12* (2012) 12, *ICAD 13* (2013) 12, *ICAD 14* (2014) 12, *ICAD 15* (2015) 12, *ICAD 16* (2016) 12, *ICAD 17* (2017) 12, *ICAD 18* (2018) 12, *ICAD 19* (2019) 12, *ICAD 20* (2020) 12, *ICAD 21* (2021) 12, *ICAD 22* (2022) 12, *ICAD 23* (2023) 12, *ICAD 24* (2024) 12, *ICAD 25* (2025) 12, *ICAD 26* (2026) 12, *ICAD 27* (2027) 12, *ICAD 28* (2028) 12, *ICAD 29* (2029) 12, *ICAD 30* (2030) 12, *ICAD 31* (2031) 12, *ICAD 32* (2032) 12, *ICAD 33* (2033) 12, *ICAD 34* (2034) 12, *ICAD 35* (2035) 12, *ICAD 36* (2036) 12, *ICAD 37* (2037) 12, *ICAD 38* (2038) 12, *ICAD 39* (2039) 12, *ICAD 40* (2040) 12, *ICAD 41* (2041) 12, *ICAD 42* (2042) 12, *ICAD 43* (2043) 12, *ICAD 44* (2044) 12, *ICAD 45* (2045) 12, *ICAD 46* (2046) 12, *ICAD 47* (2047) 12, *ICAD 48* (2048) 12, *ICAD 49* (2049) 12, *ICAD 50* (2050) 12, *ICAD 51* (2051) 12, *ICAD 52* (2052) 12, *ICAD 53* (2053) 12, *ICAD 54* (2054) 12, *ICAD 55* (2055) 12, *ICAD 56* (2056) 12, *ICAD 57* (2057) 12, *ICAD 58* (2058) 12, *ICAD 59* (2059) 12, *ICAD 60* (2060) 12, *ICAD 61* (2061) 12, *ICAD 62* (2062) 12, *ICAD 63* (2063) 12, *ICAD 64* (2064) 12, *ICAD 65* (2065) 12, *ICAD 66* (2066) 12, *ICAD 67* (2067) 12, *ICAD 68* (2068) 12, *ICAD 69* (2069) 12, *ICAD 70* (2070) 12, *ICAD 71* (2071) 12, *ICAD 72* (2072) 12, *ICAD 73* (2073) 12, *ICAD 74* (2074) 12, *ICAD 75* (2075) 12, *ICAD 76* (2076) 12, *ICAD 77* (2077) 12, *ICAD 78* (2078) 12, *ICAD 79* (2079) 12, *ICAD 80* (2080) 12, *ICAD 81* (2081) 12, *ICAD 82* (2082) 12, *ICAD 83* (2083) 12, *ICAD 84* (2084) 12, *ICAD 85* (2085) 12, *ICAD 86* (2086) 12, *ICAD 87* (2087) 12, *ICAD 88* (2088) 12, *ICAD 89* (2089) 12, *ICAD 90* (2090) 12, *ICAD 91* (2091) 12, *ICAD 92* (2092) 12, *ICAD 93* (2093) 12, *ICAD 94* (2094) 12, *ICAD 95* (2095) 12, *ICAD 96* (2096) 12, *ICAD 97* (2097) 12, *ICAD 98* (2098) 12, *ICAD 99* (2099) 12, *ICAD 100* (2100) 12, *ICAD 101* (2101) 12, *ICAD 102* (2102) 12, *ICAD 103* (2103) 12, *ICAD 104* (2104) 12, *ICAD 105* (2105) 12, *ICAD 106* (2106) 12, *ICAD 107* (2107) 12, *ICAD 108* (2108) 12, *ICAD 109* (2109) 12, *ICAD 110* (2110) 12, *ICAD 111* (2111) 12, *ICAD 112* (2112) 12, *ICAD 113* (2113) 12, *ICAD 114* (2114) 12, *ICAD 115* (2115) 12, *ICAD 116* (2116) 12, *ICAD 117* (2117) 12, *ICAD 118* (2118) 12, *ICAD 119* (2119) 12, *ICAD 120* (2120) 12, *ICAD 121* (2121) 12, *ICAD 122* (2122) 12, *ICAD 123* (2123) 12, *ICAD 124* (2124) 12, *ICAD 125* (2125) 12, *ICAD 126* (2126) 12, *ICAD 127* (2127) 12, *ICAD 128* (2128) 12, *ICAD 129* (2129) 12, *ICAD 130* (2130) 12, *ICAD 131* (2131) 12, *ICAD 132* (2132) 12, *ICAD 133* (2133) 12, *ICAD 134* (2134) 12, *ICAD 135* (2135) 12, *ICAD 136* (2136) 12, *ICAD 137* (2137) 12, *ICAD 138* (2138) 12, *ICAD 139* (2139) 12, *ICAD 140* (2140) 12, *ICAD 141* (2141) 12, *ICAD 142* (2142) 12, *ICAD 143* (2143) 12, *ICAD 144* (2144) 12, *ICAD 145* (2145) 12, *ICAD 146* (2146) 12, *ICAD 147* (2147) 12, *ICAD 148* (2148) 12, *ICAD 149* (2149) 12, *ICAD 150* (2150) 12, *ICAD 151* (2151) 12, *ICAD 152* (2152) 12, *ICAD 153* (2153) 12, *ICAD 154* (2154) 12, *ICAD 155* (2155) 12, *ICAD 156* (2156) 12, *ICAD 157* (2157) 12, *ICAD 158* (2158) 12, *ICAD 159* (2159) 12, *ICAD 160* (2160) 12, *ICAD 161* (2161) 12, *ICAD 162* (2162) 12, *ICAD 163* (2163) 12, *ICAD 164* (2164) 12, *ICAD 165* (2165) 12, *ICAD 166* (2166) 12, *ICAD 167* (2167) 12, *ICAD 168* (2168) 12, *ICAD 169* (2169) 12, *ICAD 170* (2170) 12, *ICAD 171* (2171) 12, *ICAD 172* (2172) 12, *ICAD 173* (2173) 12, *ICAD 174* (2174) 12, *ICAD 175* (2175) 12, *ICAD 176* (2176) 12, *ICAD 177* (2177) 12, *ICAD 178* (2178) 12, *ICAD 179* (2179) 12, *ICAD 180* (2180) 12, *ICAD 181* (2181) 12, *ICAD 182* (2182) 12, *ICAD 183* (2183) 12, *ICAD 184* (2184) 12, *ICAD 185* (2185) 12, *ICAD 186* (2186) 12, *ICAD 187* (2187) 12, *ICAD 188* (2188) 12, *ICAD 189* (2189) 12, *ICAD 190* (2190) 12, *ICAD 191* (2191) 12, *ICAD 192* (2192) 12, *ICAD 193* (2193) 12, *ICAD 194* (2194) 12, *ICAD 195* (2195) 12, *ICAD 196* (2196) 12, *ICAD 197* (2197) 12, *ICAD 198* (2198) 12, *ICAD 199* (2199) 12, *ICAD 200* (2200) 12, *ICAD 201* (2201) 12, *ICAD 202* (2202) 12, *ICAD 203* (2203) 12, *ICAD 204* (2204) 12, *ICAD 205* (2205) 12, *ICAD 206* (2206) 12, *ICAD 207* (2207) 12, *ICAD 208* (2208) 12, *ICAD 209* (2209) 12, *ICAD 210* (2210) 12, *ICAD 211* (2211) 12, *ICAD 212* (2212) 12, *ICAD 213* (2213) 12, *ICAD 214* (2214) 12, *ICAD 215* (2215) 12, *ICAD 216* (2216) 12, *ICAD 217* (2217) 12, *ICAD 218* (2218) 12, *ICAD 219* (2219) 12, *ICAD 220* (2220) 12, *ICAD 221* (2221) 12, *ICAD 222* (2222) 12, *ICAD 223* (2223) 12, *ICAD 224* (2224) 12, *ICAD 225* (2225) 12, *ICAD 226* (2226) 12, *ICAD 227* (2227) 12, *ICAD 228* (2228) 12, *ICAD 229* (2229) 12, *ICAD 230* (2230) 12, *ICAD 231* (2231) 12, *ICAD 232* (2232) 12, *ICAD 233* (2233) 12, *ICAD 234* (2234) 12, *ICAD 235* (2235) 12, *ICAD 236* (2236) 12, *ICAD 237* (2237) 12, *ICAD 238* (2238) 12, *ICAD 239* (2239) 12, *ICAD 240* (2240) 12, *ICAD 241* (2241) 12, *ICAD 242* (2242) 12, *ICAD 243* (2243) 12, *ICAD 244* (2244) 12, *ICAD 245* (2245) 12, *ICAD 246* (2246) 12, *ICAD 247* (2247) 12, *ICAD 248* (2248) 12, *ICAD 249* (2249) 12, *ICAD 250* (2250) 12, *ICAD 251* (2251) 12, *ICAD 252* (2252) 12, *ICAD 253* (2253) 12, *ICAD 254* (2254) 12, *ICAD 255* (2255) 12, *ICAD 256* (2256) 12, *ICAD 257* (2257) 12, *ICAD 258* (2258) 12, *ICAD 259* (2259) 12, *ICAD 260* (2260) 12, *ICAD 261* (2261) 12, *ICAD 262* (2262) 12, *ICAD 263* (2263) 12, *ICAD 264* (2264) 12, *ICAD 265* (2265) 12, *ICAD 266* (2266) 12, *ICAD 267* (2267) 12, *ICAD 268* (2268) 12, *ICAD 269* (2269) 12, *ICAD 270* (2270) 12, *ICAD 271* (2271) 12, *ICAD 272* (2272) 12, *ICAD 273* (2273) 12, *ICAD 274* (2274) 12, *ICAD 275* (2275) 12, *ICAD 276* (2276) 12, *ICAD 277* (2277) 12, *ICAD 278* (2278) 12, *ICAD 279* (2279) 12, *ICAD 280* (2280) 12, *ICAD 281* (2281) 12, *ICAD 282* (2282) 12, *ICAD 283* (2283) 12, *ICAD 284* (2284) 12, *ICAD 285* (2285) 12, *ICAD 286* (2286) 12, *ICAD 287* (2287) 12, *ICAD 288* (2288) 12, *ICAD 289* (2289) 12, *ICAD 290* (2290) 12, *ICAD 291* (2291) 12, *ICAD 292* (2292) 12, *ICAD 293* (2293) 12, *ICAD 294* (2294) 12, *ICAD 295* (2295) 12, *ICAD 296* (2296) 12, *ICAD 297* (2297) 12, *ICAD 298* (2298) 12, *ICAD 299* (2299) 12, *ICAD 300* (2300) 12, *ICAD 301* (2301) 12, *ICAD 302* (2302) 12, *ICAD 303* (2303) 12, *ICAD 304* (2304) 12, *ICAD 305* (2305) 12, *ICAD 306* (2306) 12, *ICAD 307* (2307) 12, *ICAD 308* (2308) 12, *ICAD 309* (2309) 12, *ICAD 310* (2310) 12, *ICAD 311* (2311) 12, *ICAD 312* (2312) 12, *ICAD 313* (2313) 12, *ICAD 314* (2314) 12, *ICAD 315* (2315) 12, *ICAD 316* (2316) 12, *ICAD 317* (2317) 12, *ICAD 318* (2318) 12, *ICAD 319* (2319) 12, *ICAD 320* (2320) 12, *ICAD 321* (2321) 12, *ICAD 322* (2322) 12, *ICAD 323* (2323) 12, *ICAD 324* (2324) 12, *ICAD 325* (2325) 12, *ICAD 326* (2326) 12, *ICAD 327* (2327) 12, *ICAD 328* (2328) 12, *ICAD 329* (2329) 12, *ICAD 330* (2330) 12, *ICAD 331* (2331) 12, *ICAD 332* (2332) 12, *ICAD 333* (2333) 12, *ICAD 334* (2334) 12, *ICAD 335* (2335) 12, *ICAD 336* (2336) 12, *ICAD 337* (2337) 12, *ICAD 338* (2338) 12, *ICAD 339* (2339) 12, *ICAD 340* (2340) 12, *ICAD 341* (2341) 12, *ICAD 342* (2342) 12, *ICAD 343* (2343) 12, *ICAD 344* (2344) 12, *ICAD 345* (2345) 12, *ICAD 346* (2346) 12, *ICAD 347* (2347) 12, *ICAD 348* (2348) 12, *ICAD 349* (2349) 12, *ICAD 350* (2350) 12, *ICAD 351* (2351) 12, *ICAD 352* (2352) 12, *ICAD 353* (2353) 12, *ICAD 354* (2354) 12, *ICAD 355* (2355) 12, *ICAD 356* (2356) 12, *ICAD 357* (2357) 12, *ICAD 358* (2358) 12, *ICAD 359* (2359) 12, *ICAD 360* (2360) 12, *ICAD 361* (2361) 12, *ICAD 362* (2362) 12, *ICAD 363* (2363) 12, *ICAD 364* (2364) 12, *ICAD 365* (2365) 12, *ICAD 366* (2366) 12, *ICAD 367* (2367) 12, *ICAD 368* (2368) 12, *ICAD 369* (2369) 12, *ICAD 370* (2370) 12, *ICAD 371* (2371) 12, *ICAD 372* (2372) 12, *ICAD 373* (2373) 12, *ICAD 374* (2374) 12, *ICAD 375* (2375) 12, *ICAD 376* (2376) 12, *ICAD 377* (2377) 12, *ICAD 378* (2378) 12, *ICAD 379* (2379) 12, *ICAD 380* (2380) 12, *ICAD 381* (2381) 12, *ICAD 382* (2382) 12, *ICAD 383* (2383) 12, *ICAD 384* (2384) 12, *ICAD 385* (2385) 12, *ICAD 386* (2386) 12, *ICAD 387* (2387) 12, *ICAD 388* (2388) 12, *ICAD 389* (2389) 12, *ICAD 390* (2390) 12, *ICAD 391* (2391) 12, *ICAD 392* (2392) 12, *ICAD 393* (2393) 12, *ICAD 394* (2394) 12, *ICAD 395* (2395) 12, *ICAD 396* (2396) 12, *ICAD 397* (2397) 12, *ICAD 398* (2398) 12, *ICAD 399* (2399) 12, *ICAD 400* (2400) 12, *ICAD 401* (2401) 12, *ICAD 402* (2402) 12, *ICAD 403* (2403) 12, *ICAD 404* (2404) 12, *ICAD 405* (2405) 12, *ICAD 406* (2406) 12, *ICAD 407* (2407) 12, *ICAD 408* (2408) 12, *ICAD 409* (2409) 12, *ICAD 410* (2410) 12, *ICAD 411* (2411) 12, *ICAD 412* (2412) 12, *ICAD 413* (2413) 12, *ICAD 414* (2414) 12, *ICAD 415* (2415) 12, *ICAD 416* (2416) 12, *ICAD 417* (2417) 12, *ICAD 418* (2418) 12, *ICAD 419* (2419) 12, *ICAD 420* (2420) 12, *ICAD 421* (2421) 12, *ICAD 422* (2422) 12, *ICAD 423* (2423) 12, *ICAD 424* (2424) 12, *ICAD 425* (2425) 12, *ICAD 426* (2426) 12, *ICAD 427* (2427) 12, *ICAD 428* (2428) 12, *ICAD 429* (2429) 12, *ICAD 430* (2430) 12, *ICAD 431* (2431) 12, *ICAD 432* (2432) 12, *ICAD 433* (2433) 12, *ICAD 434* (2434) 12, *ICAD 435* (2435) 12, *ICAD 436* (2436) 12, *ICAD 437* (2437) 12, *ICAD 438* (2438) 12, *ICAD 439* (2439) 12, *ICAD 440* (2440) 12, *ICAD 441* (2441) 12, *ICAD 442* (2442) 12, *ICAD 443* (2443) 12, *ICAD 444* (2444) 12, *ICAD 445* (2445) 12, *ICAD 446* (2446) 12, *ICAD 447* (2447) 12, *ICAD 448* (2448) 12, *ICAD 449* (2449) 12, *ICAD 450* (2450) 12, *ICAD 451* (2451) 12, *ICAD 452* (2452) 12, *ICAD 453* (2453) 12, *ICAD 454* (2454) 12, *ICAD 455* (2455) 12, *ICAD 456* (2456) 12, *ICAD 457* (2457) 12, *ICAD 458* (2458) 12, *ICAD 459* (2459) 12, *ICAD 460* (2460) 12, *ICAD 461* (2461) 12, *ICAD 462* (2462) 12, *ICAD 463* (2463) 12, *ICAD 464* (2464) 12, *ICAD 465* (2465) 12, *ICAD 466* (2466) 12, *ICAD 467* (2467) 12, *ICAD 468* (2468) 12, *ICAD 469* (2469) 12, *ICAD 470* (2470) 12, *ICAD 471* (2471) 12, *ICAD 472* (2472) 12, *ICAD 473* (2473) 12, *ICAD 474* (2474) 12, *ICAD 475* (2475) 12, *ICAD 476* (2476) 12, *ICAD 477* (2477) 12, *ICAD 478* (2478) 12, *ICAD 479* (2479) 12, *ICAD 480* (2480) 12, *ICAD 481* (2481) 12, *ICAD 482* (2482) 12, *ICAD 483* (2483) 12, *ICAD 484* (2484) 12, *ICAD 485* (2485) 12, *ICAD 486* (2486) 12, *ICAD 487* (2487) 12, *ICAD 488* (2488) 12, *ICAD 489* (2489) 12, *ICAD 490* (2490) 12, *ICAD 491* (2491) 12, *ICAD 492* (2492) 12, *ICAD 493* (2493) 12, *ICAD 494* (2494) 12, *ICAD 495* (2495) 12, *ICAD 496* (2496) 12, *ICAD 497* (2497) 12, *ICAD 498* (2498) 12, *ICAD 499* (2499) 12, *ICAD 500* (2500) 12, *ICAD 501* (2501) 12, *ICAD 502* (2502) 12, *ICAD 503* (2503) 12, *ICAD 504* (2504) 12, *ICAD 505* (2505) 12, *ICAD 506* (2506) 12, *ICAD 507* (2507) 12, *ICAD 508* (2508) 12, *ICAD 509* (2509) 12, *ICAD 510* (2510) 12, *ICAD 511* (2511) 12, *ICAD 512* (2512) 12, *ICAD 513* (2513) 12, *ICAD 514* (2514) 12, *ICAD 515* (2515) 12, *ICAD 516* (2516) 12, *ICAD 517* (2517) 12, *ICAD 518* (2518) 12, *ICAD 519* (2519) 12, *ICAD 520* (2520) 12, *ICAD 521* (2521) 12, *ICAD 522* (2522) 12, *ICAD 523* (2523) 12, *ICAD 524* (2524) 12, *ICAD 525* (2525) 12, *ICAD 526* (2526) 12, *ICAD 527* (2527) 12, *ICAD 528* (2528) 12, *ICAD 529* (2529) 12, *ICAD 530* (2530) 12, *ICAD 531* (2531) 12, *ICAD 532* (2532) 12, *ICAD 533* (2533) 12, *ICAD 534* (2534) 12, *ICAD 535* (2535) 12, *ICAD 536* (2536) 12, *ICAD 537* (